

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

**Implante de Fibra de Carbono no Tendão Flexor Digital
Superficial do Membro Anterior do Equino:
Estudo Clínico-Cirúrgico, Fisiológico e Histológico.**

ADRIANA BUSATO GAMBALLI

Tese apresentada à Universidade Federal
do Paraná para obtenção do título de
Mestre em Ciências Veterinárias.

CURITIBA

1993



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

ADRIANA BUSATO GAMBALLI

Implante de fibra de Carbono no tendão Flexor Digital Superficial do Membro Anterior de Equinos: Estudo Clínico-Cirúrgico, Fisiológico e Histológico.

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, pela Comissão formada pelos seguintes professores:

Prof. Antônio Felipe P. F. Wouk , MSC. Dr. Sci. - Orientador

Prof. Pedro Ribas Werner, MSC. PhD. - Co-orientador

Prof. José de Alvarenga, Dr., MSC.

Curitiba, 6 de Abril de 1993.

Dedico este trabalho aos meus pais e a meu marido .

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus agradecimentos:

Ao Prof. Dr. Antônio Felipe Paulino de Figueiredo Wouk pela orientação durante os Cursos de Graduação , de Mestrado, pela sua amizade e confiança depositada em mim.

Ao Prof. Dr. Pedro Ribas Werner, pela co-orientação deste trabalho, por sua paciência, disponibilidade e assistência nas diferentes etapas.

Ao Prof. Murilo Nichele por ter anestesiado os animais deste Trabalho e também por ter permitido a utilização das dependências do Hospital Veterinário do Jockey Club do Paraná para a cirurgias de alguns dos animais .

Ao Prof. Dr. Metri Bacila pela atenção dispensada durante o Curso e pelos constantes incentivos.

Aos Professores do Curso de Pós Graduação em Ciências Veterinárias, que permitiram a formação necessária para a elaboração deste trabalho.

A todos os colegas do Curso de Pós Graduação em Ciências Veterinárias, pelo clima de amizade e alegria durante o Curso, particularmente a Pedro Vicente Michelotto Jr. e Rosana Richter, pelo auxílio prestado para a elaboração deste trabalho.

A Tânia M. Schrank, pela presteza e simpatia durante todo o Curso.

Aos todos os acadêmicos que me auxiliaram com os animais durante a parte prática do trabalho.

Aos funcionários do Hospital Veterinário da U.F.Pr., dos Serviços de Cirurgia de Grandes animais e Anatomia Patológica, em especial à Sra. Irene Kozak e ao Sr. Herivelto Benedito Zeferino, pela presteza e amizade.

Aos funcionários do Hospital Veterinário do Jockey Club do Paraná pelos cuidados com os animais.

Ao Hospital Veterinário da U.F.Pr. , pela franquia das instalações.

Ao C.N.P.Q., pela concessão da bolsa de Mestrado.

À Indústria Biofill Produtos Biotecnológicos S/A pela esterilização das tranças de fibra de carbono.

A todos os amigos que, direta ou indiretamente , contribuíram para a realização deste trabalho.

CONTEÚDO:

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Histologia	3
2.2. Morfolgia	8
2.3. Propriedades mecânicas dos tendões	14
2.4. Resposta ao insulto e cicatrização dos tendões	17
2.5. Etiologia das lesões tendinosas	21
2.6. Diagnóstico	25
2.7. Princípios de cirurgia tendinosa	26
2.8. Tratamentos preconizados para tendinite	28
2.8.1. Carbono	34
3. MATERIAIS E MÉTODOS	55
3.1. Preparo da fibra de carbono	55
3.2. Escolha e preparo dos animais	58
3.2.1. Exame físico geral	59
3.2.2. Exame de Anemia Infecciosa Equina	59
3.2.3. Exame parasitológico das fezes	59
3.2.4. Hemograma	61
3.2.5. Exame de Proteína total	61
3.3. Pré-operatório	61
3.3.1. Sedação e Anestesia	63
3.3.2. Antissepsia e Depilação	64
3.4. Ato operatório	64
3.4.1. Biopsia	66
3.5. Pós-operatório	74
3.6. Necropsia	74
3.7. Processamento das amostras	75
3.8. Colorações	77
4. RESULTADOS	79
4.1. Preparo das fibras de carbono	79
4.2. Pré-operatório	79
4.2.1 Exame Físico Geral	79
4.2.2. Exame de Anemia Infecciosa Equina	80
4.2.3. Exame parasitológico das fezes	80

4.2.4. Hemograma	82
4.3. Pré-operatório imediato	82
4.4. Ato operatório e pós-operatório imediato	82
4.5. Observações durante a necropsia	91
4.6. Exame histológico	93
5. DISCUSSÃO	107
5.1. Escolha e preparo da fibra de carbono	107
5.2. Pré-operatório	109
5.3. Pré-operatório imediato e ato operatório	110
5.4. Pós-operatório	112
5.5. Necropsia	114
5.6. Exame histológico	114
5.6.1. Técnica	114
5.6.2. Observações	115
6. CONCLUSÕES	126
7. RESUMO	128
8. ABSTRACT	129
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130

LISTA DE TABELAS

TABELA M-I	Animais operados relacionando o N°, o sexo, a idade, e pelagem.	63
TABELA M-II	Espessura dos cortes histológicos empregados nas amostras colhidas.	77
TABELA R-I	Dados referentes à temperatura retal, frequências cardíaca e respiratória, coloração de mucosas aparentes, temperamento e estado físico dos animais do experimento.	80
TABELA R-II	Resultados dos exames parasitológicos dos animais do experimento.	81
TABELA R-III	Dados referentes aos exames hematológicos dos animais utilizados no experimento.	83
TABELA R-IV	Dados referentes aos exames hematológicos dos animais 2, 5, 6 e 9.	84
TABELA R-V	Cavalos operados: membros que sofreram o implante, datas de operação e necropsia, local do ato operatório.	85
TABELA R-VI	Observações referentes à maturidade dos tecidos tendinosos cortes histológicos.	104
TABELA R-VII	Observações referentes à resposta dos tecidos frente ao implante de fibra de carbono.	105

LISTA DAS FIGURAS

FIGURA 1.	Tendão envolto em bainha tendinosa.	9
FIGURA 2.	Tendão envolto em paratendão.	10
FIGURA 3.	Anatomia superficial do membro anterior do equino.	12
FIGURA 4.	Localização anatômica dos tendões flexores digitais superficial e profundo.	13
FIGURA 5.	Gráfico das características de tensão/extensão do tendão.	16
FIGURA 6.	Esquema da sequência de eventos ocorridos nas lesões tendinosas.	22
FIGURA 7.	Tipos de lesões tendinosas.	23
FIGURA 8.	Diferentes técnicas de "splitting" percutâneo.	32
FIGURA 9.	Estrutura do grafite.	35
FIGURA 10.	Modelo de resenha e ficha clínica utilizado para os animais do experimento.	60
FIGURA 11.	Incisão medial no aspecto posterior medial da região metacarpeana posterior.	67
FIGURA 12.	Dissecção do tecido subcutâneo e paratendão, expondo o tendão flexor digital superficial.	68
FIGURA 13.	Incisão do tendão flexor digital superficial.	69
FIGURA 14.	Implante de fibras de carbono sepultado na incisão.	70
FIGURA 15.	Sutura do tendão flexor digital superficial com pontos isolados simples, em ângulo de 45°.	71
FIGURA 16.	Sutura do tendão flexor digital superficial finalizada. Corte do restante da prótese de fibra de carbono.	72
FIGURA 17.	Paratendão, tecido subcutâneo e pele suturados juntos com pontos isolados simples.	73
FIGURA 18.	Tendões flexores digitais superficial e profundo fixados suspensos em formalina à 10%.	76

LISTA DAS FOTOS

FOTO 1.	Fibra de carbono esterilizada em óxido de etileno.	57
FOTO 2.	Incisão do tendão flexor digital superficial.	86
FOTO 3.	Deposição da prótese de fibras de carbono no leito criado pela incisão.	86
FOTO 4.	Sutura do tendão flexor digital superficial já com a prótese de fibra de carbono.	87
FOTO 5.	Sutura da pele finalizada.	87
FOTO 6.	Aspecto clínico dos membros anteriores do animal 9, aos 45 dias de pós-operatório.	97
FOTO 7.	Aspecto clínico dos membros do animal 2, aos 90 dias de pós-operatório.	97
FOTO 8.	Aspecto clínico dos membros anteriores do animal 4, aos 180 dias de pós-operatório.	98
FOTO 9.	Tendões flexores e linfonodos axilares , retirados do animal 8, necropsiado aos 45 dias de pós-operatório.	99
FOTO 10.	Tendões flexores e linfonodos axilares, retirados do animal 4, necropsiado aos 180 dias de pós-operatório.	99
FOTO 11.	Reação granulomatosa moderada ao redor das fibras de carbono. Corte transv. ,objetiva 25 - H.E. - 45 dias.	100
FOTO 12.	Alinhamento de macrófagos ao redor das fibras de carbono. Corte long., objetiva 100 - H.E. - 45 dias.	100
FOTO 13.	Reação granulomatosa moderada ao redor das fibras de carbono. Corte transv. , objetiva 40 - H.E. - 45 dias.	101
FOTO 14.	Reacção granulomatosa observada no membro controle, envolvendo um fragmento de fio de sutura. Corte transv. , objetiva 40 - H.E. - 45 dias.	101
FOTO 15.	Fibras de carbono separadas pelo tecido de granulação. Corte transv. , objetiva 10 - Mallory.	102

FOTO 16.	Alinhamento dos fibroblastos ao redor das fibras de carbono. Corte long. , objetiva 100 - H.E. - 90 dias.	102
FOTO 17.	Prótese de fibra de carbono envolvida por fibras colágenas. Corte transv. , objetiva 25 - H.E. - 180 dias.	103
FOTO 18.	Ampliação da foto 17.	103

LISTA DOS GRÁFICOS

GRÁFICO R-I	Todos os animais do experimento relacionando o grau de algesia pós-operatório e o tempo de pós-operatório.	88
GRÁFICO R-II	Grau de algesia médio de todos os animais utilizados no experimento até o dia 30 do pós-operatório.	89
GRÁFICO R-III	Referente aos dados da TABELA R-VI	104
GRÁFICO R-IV	Referente aos dados da TABELA R-VII	106
GRÁFICO R-V	Referente aos dados da TABELA R-VII	106

LISTA DOS QUADROS

QUADRO B-I	Proporções relativas dos componentes dos tendões.	6
QUADRO B-II	Tipos de colágeno	7
QUADRO B-III	Tipos de fibra de carbono comerciais	36
QUADRO M-I	Animais operados	62
QUADRO M-II	Técnicas de coloração empregadas nas amostras colhidas	77

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Importante fatia do mercado agropecuário, o cavalo no Brasil, seja para corridas ou para a equitação desportiva ou de lazer, vem tendo um incremento no seu criatório, uma vez que o mercado de criação de eqüinos de raça ultrapassa em valorização uma boa parte dos investimentos monetários atuais. Com a demanda interna constante e a procura cada vez maior pelos compradores estrangeiros, mesmo os pequenos haras de raças nacionais passaram do simples "hobbie" à investimento de retorno e liquidez garantidos.

Mostrar um animal que seja, acima de tudo, funcional, está sendo a linha adotada pela maioria dos criadores de eqüinos, sendo adotada por quase todas as raças, até mesmo por aquelas que a pouco tempo atrás tinham um apelo esportivo menor. As Associações de criadores estão incrementando cada vez mais competições visando divulgar as opções de uso para seus animais, abrindo novos mercados.

Sendo assim, para a valorização cada vez maior dos animais expoentes de cada raça, é quase que obrigatória a participação e obtenção de resultados positivos em competições. Isto obriga os médicos veterinários a uma sofisticação clínica cada vez maior no tratamento das afecções inerentes aos eqüinos, tais como, as cólicas, as desordens do sistema cardiovascular e respiratório, e principalmente problemas relacionados com os membros. Estes problemas, que apesar nem sempre colocarem a vida do animal em risco, podem inutiliza-lo para a prática esportiva para a qual o animal foi criado.

Dentre as inúmeras afecções que atingem os membros dos eqüinos, a tendinite - inflamação do tendão e /ou das inserções tendinosas - é considerada da maior importância, pois até os dias de hoje não se descobriu um tratamento que seja realmente efetivo. Muitos pesquisadores estão adotando o tratamento deste tipo de problema com a utilização de implantes de fibras de carbono e, resultados animadores têm sido descritos.

No Brasil, em eqüinos, nenhum tipo de trabalho desta natureza foi por enquanto publicado. Com esta pesquisa pretende-se fazer uma extensa revisão bibliográfica do assunto,

para que experimentos posteriores a este encontrem uma compilação de dados referentes ao assunto em língua portuguesa e, ainda, o estudo da utilização experimental de próteses de fibra de carbono em eqüinos e seus resultados analisados sob os aspectos fisiológico, clínico-cirúrgico e histológico. Serão também pesquisados linfonodos regionais a fim de se definir uma eventual migração linfática da prótese de fibra de carbono e seu possível potencial carcinogênico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Leonardo da Vinci descreveu os tendões como instrumentos mecânicos. Verdadeiramente, a função primária dos tendões é transmitir a energia da contração muscular para o esqueleto, a fim de criar o movimento, sendo que também funcionam como amplificadores de movimento durante a contração muscular rápida, como estoque energético e ainda como atenuadores de movimentos inesperados ou bruscos. (EVANS et al. 1975)

2.1. HISTOLOGIA

O tecido conjuntivo caracteriza-se, morfológicamente, por apresentar diversos tipos de células separadas por abundante material intercelular sintetizado por elas. A riqueza do material intercelular é uma das características mais importantes do tecido conjuntivo. O material intercelular é representado por uma parte com estrutura microscópica definida, as fibras do conjuntivo, e por uma parte sem estrutura, ou seja, a substância fundamental amorfa. Há diversas variedades de tecidos conjuntivos, apresentando os constituintes básicos acima descritos.

No caso dos tendões, estes se enquadram na categoria de tecido conjuntivo propriamente dito, que é aquele em que não há predominância acentuada de nenhum dos elementos constituintes e, se houver, é de fibras colágenas.

No caso do tecido conjuntivo denso há também predominância de fibras colágenas. Nos cortes deste tecido observa-se que as células são pouco numerosas, sendo que entre elas se destacam os fibroblastos. O tecido conjuntivo denso é muito resistente às trações.

A disposição dos feixes colágenos segundo uma orientação fixa caracteriza o tecido conjuntivo denso modelado, que é um tipo de tecido conjuntivo cujas fibras foram formadas como consequência das respostas às trações exercidas em determinado sentido. As fibras do

tecido conjuntivo denso modelado orientam-se de modo a oferecer o máximo de resistência às forças que normalmente atuam sobre o tecido. Os tendões representam o exemplo mais típico de tecido denso modelado.

Os tendões são estruturas em formato cilíndrico e alongado que ligam os músculos esqueléticos aos ossos, transferindo a atividade muscular para o osso. São brancos e quase inextensíveis, sendo formados por feixes de fibras colágenas paralelas em arranjo longitudinal regular, orientados no sentido da tensão e entre os quais existe pequena quantidade de substância fundamental amorfa e de fibrócitos com características próprias.

É importante observar que o fibroblasto é a célula mais comum do tecido conjuntivo e a principal responsável pela formação das fibras e do material intercelular amorfo.

A célula jovem, ou fibroblasto, em intensa atividade sintética, tem morfologia diferente do fibrócito que já não tem este grau de atividade, e que é encontrado nos tecidos maduros. O fibroblasto tem prolongamentos citoplasmáticos irregulares, seu núcleo é claro, grande, de forma ovóide, com cromatina fina e nucléolo evidente. O citoplasma é rico em retículo endoplasmático granular, e o aparelho de Golgi é desenvolvido. Já o fibrócito é uma célula menor, que tende a ser fusiforme e com menor número de prolongamentos do que o fibroblasto. O núcleo é menor, alongado e mais escuro, apresentando citoplasma acidófilo. Ao microscópio eletrônico, chama a atenção a deficiência em retículo citoplasmático granular e em aparelho de Golgi. Havendo um estímulo adequado, como ocorre nos processos de cicatrização, o fibrócito pode voltar a sintetizar fibras, reassumindo o aspecto anteriormente descrito para o fibroblasto. (PIERAGGI et al. 1985) No que se refere à nomenclatura, os fibroblastos dos tendões também podem ser chamados de *tenoblastos* ou *tenócitos*. (ADAMS, 1974)

Nos tendões os fibroblastos possuem núcleos alongados paralelos às fibras colágenas e citoplasma delgado, que tende a envolver os feixes colágenos. O citoplasma destes fibroblastos, por ser delgado e por assumir a tonalidade rósea das fibras, dificilmente é visto nos preparados comuns corados pela coloração Hematoxilina-Eosina. Vale observar que relativamente às áreas mais externas, poucas células são encontradas na parte central do

tendão. As funções dos fibroblastos foram estudadas por meio de radioautografias examinadas aos microscópios óptico e eletrônico, mostrando-se de modo convincente que aquela célula sintetiza colágeno e também as proteoglicanas da substância fundamental amorfa. Para o estudo da síntese de colágeno utilizou-se, prolina ou glicina marcadas e observou-se, então, que os fibroblastos produzem colágeno em todas as direções. (CARNEIRO et al. 1966)

As fibras colágenas são constituídas pelo colágeno, que é uma escleroproteína. Este possui uma composição de aminoácidos bem característica, sendo que o aminoácido glicina aparece na proporção de 33,5% enquanto que a prolina e hidroxiprolina estão presentes na proporção de 12% e 10% respectivamente. O restante é formado por vários aminoácidos, sendo interessante notar que o colágeno é muito pobre em aminoácidos sulfurados e em tirosina. (CHAPVIL, 1967)

O colágeno é a proteína mais abundantemente encontrada nos animais, representando 30% do total das proteínas. (CHAPVIL, 1967) As fibras colágenas são as mais freqüentes no tecido conjuntivo. No estado fresco são brancas, conferindo essa cor aos tecidos nos quais predominam. No caso dos tendões, as fibras colágenas aparecem agrupadas em arranjo paralelo, formando feixes. As fibras apresentam diâmetro variável entre 1 e 20 micrômetros e a sua estriação longitudinal deve-se ao fato de serem constituídas por fibrilas.

As fibrilas colágenas têm uma estriação transversal típica, sendo facilmente identificadas nas micrografias eletrônicas. Observadas no microscópio óptico, as fibras colágenas são acidófilas, corando-se de róseo pela técnica da Hematoxilina-eosina, de azul pelo tricrômio de Mallory e de verde pelo de Masson. (GAY et all, 1968)

A unidade proteica que se polimeriza para formar as fibrilas colágenas é uma molécula alongada, o tropocolágeno, que mede 280 nm de comprimento por 1,5 nm de espessura e possui peso molecular de 285.000 . A molécula de tropocolágeno é formada por três cadeias peptídicas enroladas em hélice, da esquerda para a direita. O tropocolágeno é uma molécula assimétrica, isto é, cada uma de suas extremidades tem propriedades químicas diferentes. As fibrilas colágenas são constituídas por estas moléculas. (JACKSON, 1968)

Segundo a composição bioquímica das cadeias alfa, existem onze tipos de colágeno (I a XI) . Os tipos I, II e III são intersticiais e fibrilares. (ROBBINS, 1989)

O colágeno mais abundante, o do tipo I, ocorre na derme, nos tendões, nos ligamentos, nos ossos, nos dentes e praticamente em todos os tecidos conjuntivos. Este tipo de colágeno organiza-se de maneira que há uma superposição de moléculas adjacentes a cada 67 nm, formando as bandas ou estriações características da fibrila.

Conforme o quadro II-B, no colágeno do tipo I, das três cadeias peptídicas , duas são iguais entre si (as alfa 1) e uma é diferente (a alfa 2). A diferença entre as cadeias alfa 1 e alfa 2 ocorre na seqüência de aminoácidos .

O colágeno tipo II, principal constituinte da cartilagem hialina , consiste de três cadeias alfa 1 (tipo II) (quadro II-B). Já no colágeno tipo III, cada molécula de tropocolágeno é formada por três cadeias alfa 1 (tipo III). Este tipo de colágeno é encontrado nas fibras reticulares, presentes nos vasos sanguíneos, no útero, nos nervos e em outros locais. Na formação dos tecidos conjuntivos , é freqüente o aparecimento inicial do colágeno tipo III, que depois é substituído pelo colágeno tipo I (quadro II-B).

Os colágenos dos tipos IV a XI não formam fibrilas e aparecem como material amorfo no tecido intersticial e membrana basal (ROBBINS, 1989).

As proporções dos componentes tendinosos individuais variam com as espécies e idade. O quadro I-B mostra dados retirados da pesquisa de ELLIOT (1965).

QUADRO I-B Proporções relativas dos componentes dos tendões.

Água	54-85 %
Componente celular *	20-30 %
Componente colágeno*	50-85 %
Componente mucopolissacarídeo*	1%
Componente elastina *	1-2 %

QUADRO II-B - Tipos de colágeno.

	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV
Tipo e estrutura do tropocolágeno	Duas cadeias alfa do tipo I e uma cadeia alfa2	Três cadeias alfa 1 do tipo II	Três cadeias alfa 1 do tipo III	Três cadeias alfa 1 do tipo IV
Localização	Tendões, derma, ossos, dentina, cápsulas de órgãos, fêscias, esclerótica e cartilagens fibrosas	Cartilagem elástica e hialina	Camada média das artérias, útero, endoneuro músculo liso, rim, fígado, linfonodo e baço	Lâminas e membranas basais
Morfologia e correspondência	Fibras grossas, forte birrefringência, coram com corantes ácidos, correspondem às fibras colágenas típicas, fibrilas espessas em torno de 50-70 nm de diâm.	Não forma fibra, fibrilas imersas em substância fundamental amorfa, fibrilas muito finas - ao redor de 20 nm de diâmetro	Fibras finas fracamente birrefringentes, impregnação pela prata. Correspondem às fibras reticulares típicas. Fibrilas com diâmetro em torno de 30-40 nm.	Não forma fibrilas
Célula produtora	Fibroblasto - Osteoblasto - Odontoblasto	Condroblasto	Fibroblasto, célula de músculo liso, célula de Schwann hepatócito e célula reticular	Células epiteliais
Participa nas seguintes funções:	Resistência a trações, suporte e proteção (cápsulas de órgãos)	Colabora na resistência à pressão e facilita o deslizamento - funções da cartilagem	Manutenção da estrutura de órgãos, sustentação de células, cicatrização.	Filtragem de suporte

2.2. MORFOLOGIA

Os tendões são formados a partir da extensão das membranas do tecido conjuntivo muscular e se ligam ao osso em continuação com o periósteo. (St CLAIR, 1981)

Nos membros, a origem é a afixação proximal e, a inserção, a afixação distal. O tendão de um músculo poderá ser tão longo que a origem e a inserção podem estar separadas por várias articulações. O músculo pode originar-se de uma fâscia larga e inserir-se por um único tendão. (St CLAIR, 1981)

Em função da necessidade de permitir a uniforme distribuição das forças de qualquer parte do músculo, as fibras do tendão se entrelaçam. Nos pontos de inserção, as fibras tendem a se espalhar, o que permite que partes sucessivas da área de inserção assumam a força total de tração, à medida que o ângulo entre o tendão e do osso torna-se mais agudo. (St CLAIR, 1981)

Os tendões estão unidos aos membros por ligamentos anulares (retináculos), que mantêm os tendões em seus lugares. Havendo muito movimento, mudança na direção do empuxo sobre uma articulação, ou excesso de fricção, o tendão é circundado por uma bainha sinovial (*vagina synovialis tendinis*). Onde o movimento é limitado, mas existe pressão contra uma parte do osso, está presente uma bolsa sinovial (*bursa synovialis*) entre o tendão e o osso. A bainha sinovial é composta de duas capas: a visceral ou sinovial, que é interna e recobre o tendão, e a capa externa (parietal ou fibrosa), que é o túnel onde ocorre o deslizamento do tendão, graças à produção de líquido sinovial. (St CLAIR, 1981)

Na união das capas parietal e visceral está o mesotendão ou *vinculum*, no qual não existe mesotendão, que é por onde penetram os vasos sanguíneos, linfáticos e nervos em direção ao tendão. (fig. 1) (OTTAWAY et al. 1940)

Tendões sem bainha são cobertos pelo paratendão, que é composto de tecido conjuntivo frouxo, rico em fibras elásticas e que não forma mecanismo de deslizamento, uma vez que está aderido ao tendão e se estira com ele. O paratendão carrega vasos sanguíneos,

linfáticos e nervos. (fig. 2)

FIGURA 1 - Tendão envolto em bainha tendinosa.

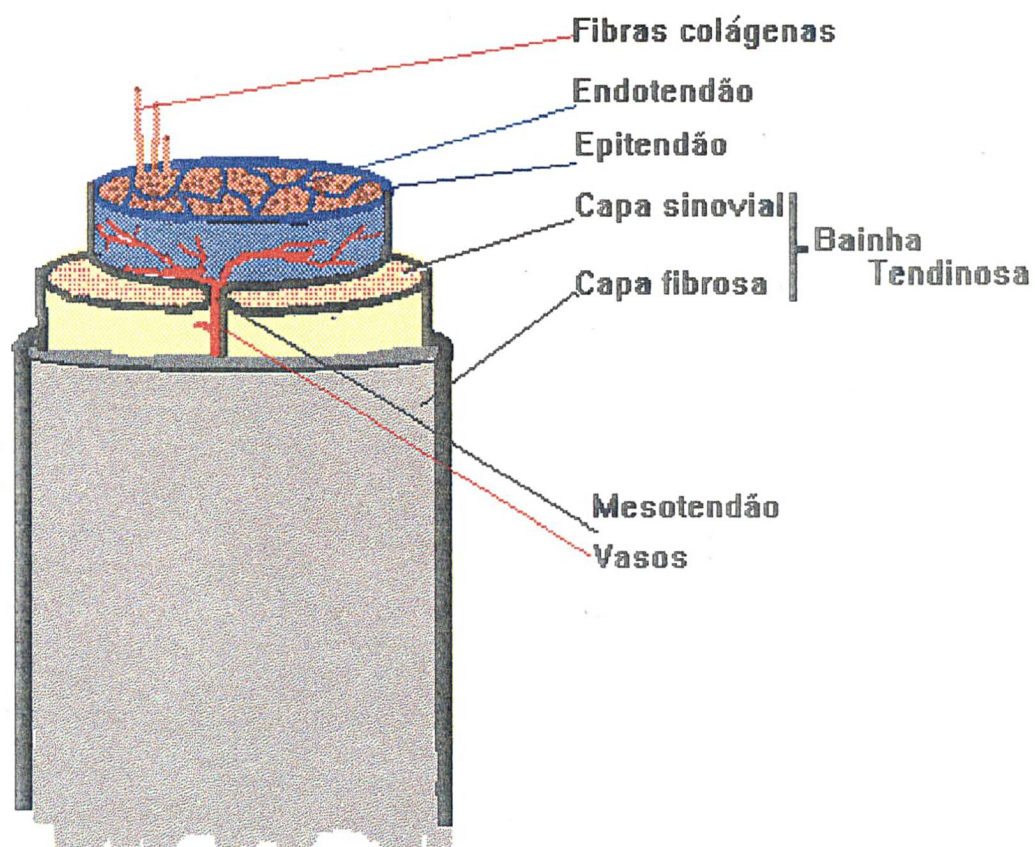
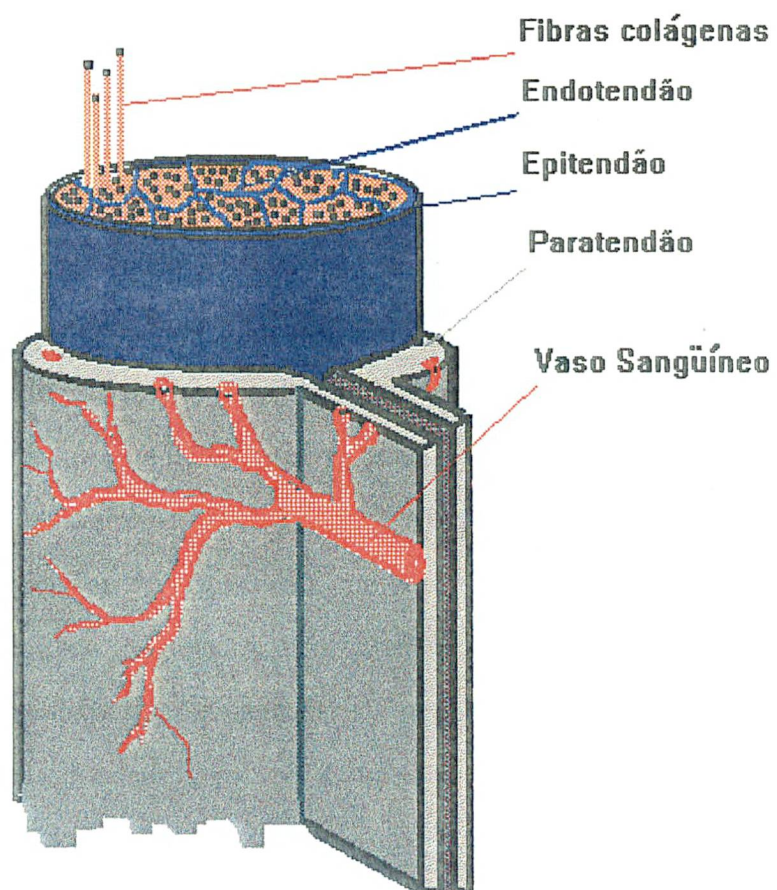


FIGURA 2 - Tendão envolto em paratendão.



Aderido ao tendão encontra-se o epitendão, que é uma fina camada de tecido conjuntivo, emitindo trabéculas para o interior dos feixes de fibras tendinosas e formando o endotendão. Pelo endotendão, pequenos vasos e nervos seguem para a parte mais interna do tendão. (ADAMS, 1974; GENOVESE et al.1989; STASHAK, 1991; St CLAIR, 1981)

No equino, o estudo das lesões tendinosas focaliza-se principalmente no tendão flexor digital superficial. (ADAMS, 1987) Este é o tendão do músculo flexor digital superficial, que está situado no meio do grupo flexor, isto é, entre o músculo flexor ulnar do carpo e o músculo flexor digital profundo. A parte muscular é a porção umeral que tem sua origem no úmero. A porção radial consiste em uma forte faixa fibrosa, o ligamento acessório (ligamento frenado superior ou ainda "check ligament"), que se funde com o tendão próximo ao carpo. O ventre do músculo flexor digital superficial é multipenado e funde-se com o do músculo flexor digital profundo, do qual é difícil ser separado. Próximo ao carpo, o músculo flexor digital superficial é sucedido por um tendão espesso e forte que passa distalmente através do canal cárpico, sendo circundado por uma bainha sinovial em comum com o músculo flexor digital profundo. A bainha sinovial comum dos músculos flexores tem início entre 8 a 10 cm do carpo, e estende-se distalmente até o metacarpo. Distalmente ao carpo, o tendão torna-se mais achatado e mais largo. Na altura da articulação metacarpo-falangeana (boleto), alarga-se ao máximo. Próximo à articulação metacarpo-falangeana forma-se um anel através do qual passa o tendão flexor digital comum. Aqui, os tendões estão presos no sulco sesamóideo pelo ligamento metacárpico transversal superficial ou anular palmar, que se funde com o tendão flexor digital superficial. Na extremidade distal da falange proximal, o tendão divide-se em dois ramos que divergem para atingir seus pontos de inserção. Entre estes ramos emerge o tendão do músculo flexor profundo dos dedos. Uma segunda membrana sinovial, a bainha sinovial digital - *vaginae synoviales digitorum manus*, começa no quarto distal do metacarpo, 5 a 8 cm próximo à articulação metacarpo-falangeana e se estende até o meio da falange média. Seu suprimento sanguíneo dá-se a partir das artérias mediana, interóssea caudal e ramos da artéria braquial. O suprimento nervoso fica a cargo do nervo ulnar. (GETTY, 1981) (Figs. 3 e 4)

FIGURA 3 - Anatomia superficial do membro anterior do equino.

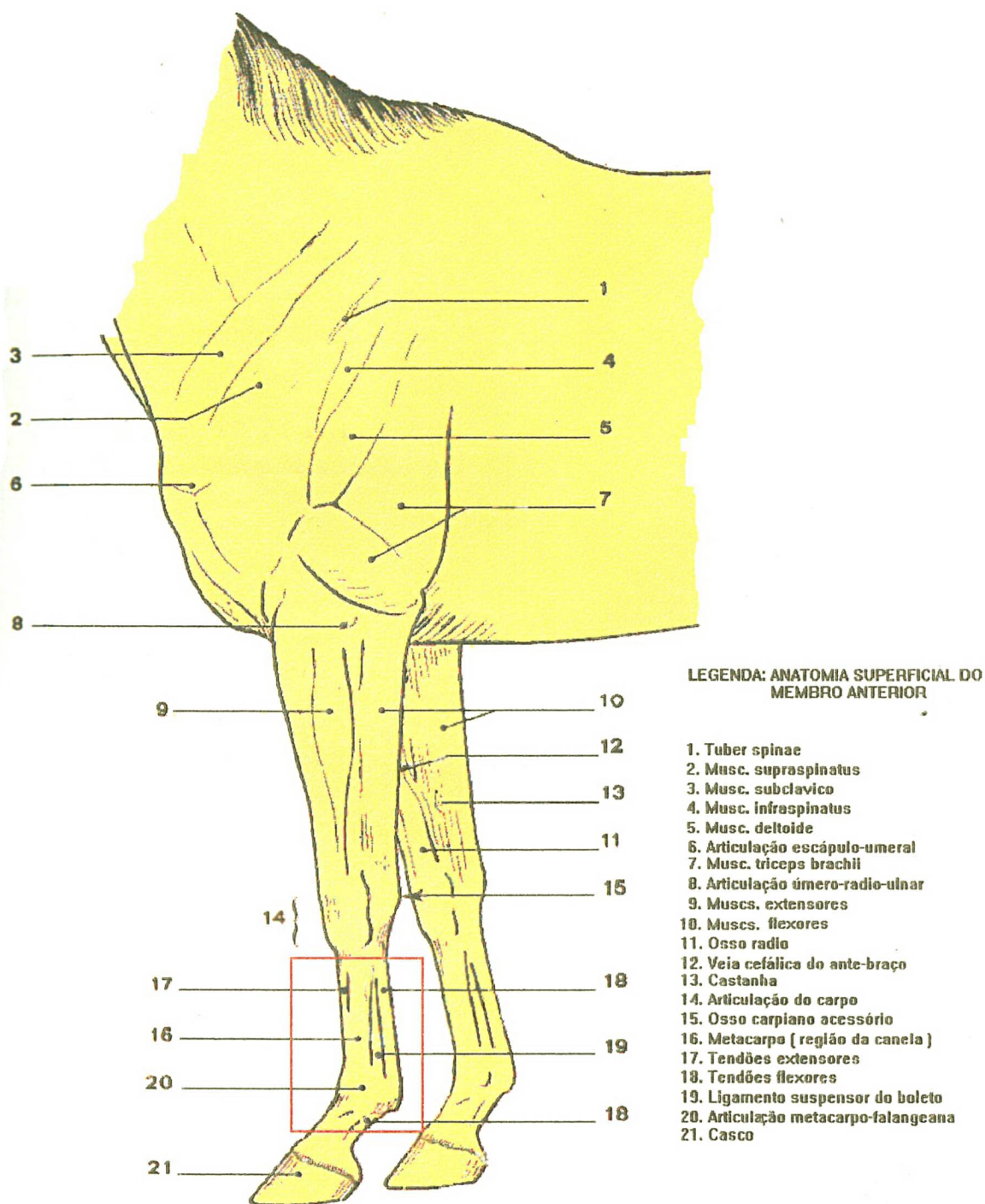
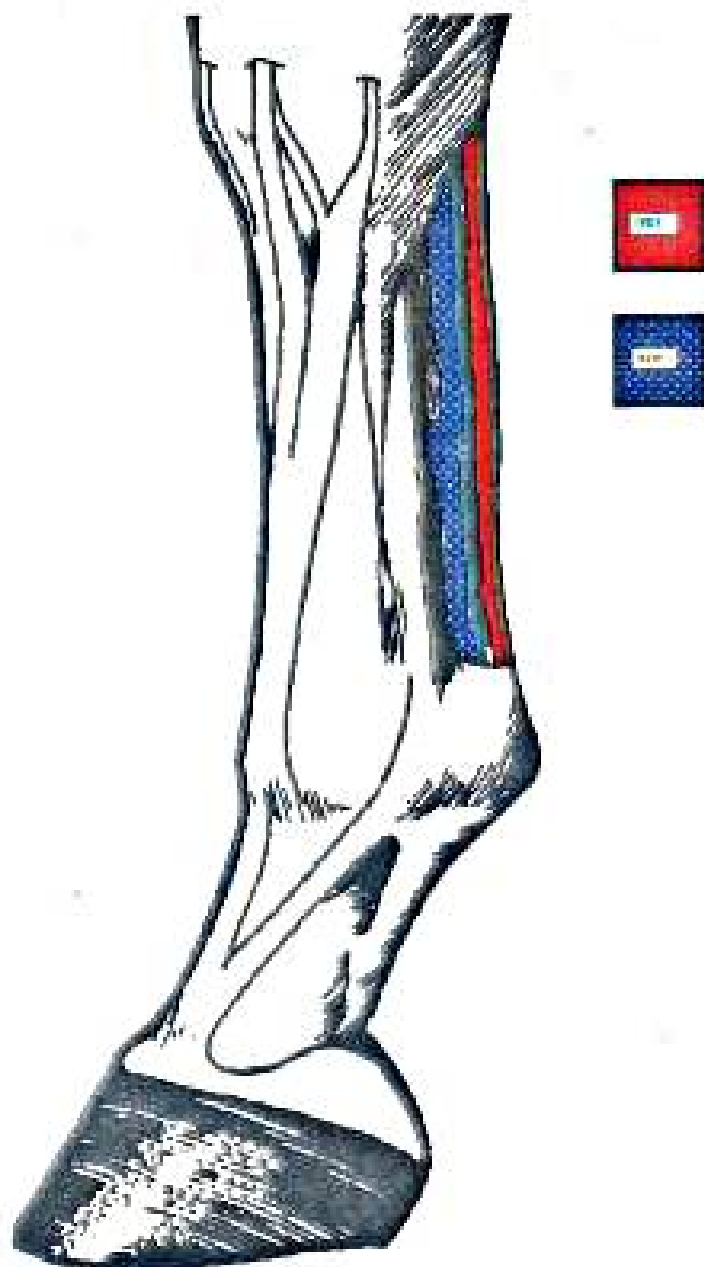


FIGURA 4 - Localização anatomica dos tendões flexor digital superficial (TFDS) e flexor digital profundo (TFDP) no membro anterior do eqüino.



No que diz respeito ao suprimento sanguíneo, os tendões o recebem a partir do osso e músculo aos quais estão fixados, do mesotendão ou *vinculum* associados à bainha sinovial, ou do paratendão. Geralmente, as regiões proximais e distais do tendão são supridas pelo osso e músculo em apenas 25%. Assim, o paratendão e o mesotendão associado com as bainhas tendinosas são de suma importância, pois o restante da irrigação se dá através destes. (PEACOCK, 1959)

No equino, os vasos da região metacarpeana mediana associada com o tendão flexor digital superficial têm origem principalmente na artéria mediana, e dão origem aos vasos intrínsecos (intratendinosos), localizados nos perímetros lateral e medial do tendão, suprimindo com sangue mais de 25% do comprimento do tendão. Estes vasos intratendinosos são interconectados através de uma rede capilar difusa. (ADAMS, 1974; FACKELMAN, 1973)

2.3. PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS TENDÕES

As fibras tendinosas se dispõem paralelamente apenas nos tendões curtos, pois nos longos ocorre uma leve ondulação, que facilita a união transversal das fibras e permite uma certa elasticidade no tendão. Se este se encontra relaxado, suas fibras se dispõem em ondas delgadas devido às fibras elásticas do tecido intermediário. Assim, ao ser exigido de 3% a 3,5 % , o tendão estira-se a partir destas ondulações, possibilitando uma contração muscular branda, elástica. Este é um fator de segurança.

A carga máxima à que o tendão flexor digital superficial pode resistir é de 1.000 kg por mm² no cavalo de tração, 1.500 kg por mm² nos meios-sangues, e 2.000 kg por mm² nos puros-sangues. Em média corresponde a uma força de tração de 80 - 90 N. Segundo o mesmo autor, há diferenças individuais , de idade, de raça, de linhagens, etc.. (MÜLLER et al. 1979)

As fibras colágenas podem contrair e expandir um número finito de vezes antes de sofrerem fadiga e de se tornarem inelásticas, perdendo então o seu padrão de ondulação, e devendo por isso ser substituídas por novas fibras produzidas pelos tenoblastos. (FACKELMAN, 1973) O colágeno dos tendões é totalmente renovado em 6 meses nos

animais jovens e em 12-18 meses nos animais adultos, desde que sob condições normais de utilização dos tendões e ideais de alimentação dos animais. (SEIFFERT, 1967)

Sob tensão uniaxial (em um único eixo), o tendão no início comporta-se complacentemente; mas à uma maior extensão do tendão, verifica-se uma resposta tensa. Essa transição é considerada como correspondente ao desaparecimento do padrão ondulado da superfície do tendão e ocorre a aproximadamente 3% de extensão. O padrão ondulado reaparece assim que a força é retirada. Além desta fase inicial elástica (quando o material retorna às suas características originais com a retirada da força que o deforma), as características mecânicas do tendão se modificam e dão início a propriedades plásticas, (com a retirada da força que deforma o material, este não retorna à sua condição original), quando modificações estruturais aparentemente irreversíveis têm lugar no tecido. Observa-se que sob tensão constante, acima do limite elástico, o tendão estende-se progressivamente com o tempo, e não retorna ao estado original com o cessamento da força que o deformou. (ADAMS, 1987)

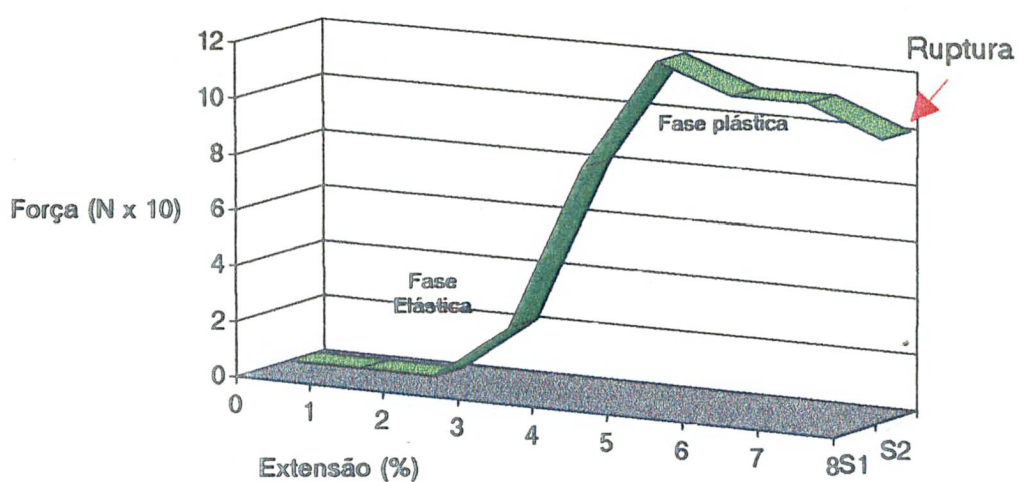
A magnitude das " forças fisiológicas" normais nos tendões de equínos e sua relação com as lesões e a força de ruptura ainda não está perfeitamente definida. Para o entendimento do significado das características dinâmicas do tendão, é necessário definir se o tendão está trabalhando em fase elástica ou plástica. Uma vez que a segunda fase causa lesão residual, a atividade fisiológica nunca ultrapassa o limite elástico. Entretanto, vários autores acreditam que muitas forças atuam na região de transição entre as fases. No nível entre 3% - 5% de alongação , uma relação distensão-tensão linear normal é mantida, mas ao nível de 5%-6%, há uma extensão mais rápida que leva à ruptura do tendão - geralmente no nível de 8% de alongação .

É sabido que na zona de tensão linear de 5-6%, não há retorno do padrão normal de onda do tendão com o relaxamento da força causadora. (Fig .5) (WEBBON, 1973).

Os tendões não conseguem agüentar o "stress" do exercício se muitas de suas fibras colágenas perderem a capacidade de responder ao estiramento e recobrar o padrão inicial. O "stress" no tendão se torna especialmente grande quando o músculo, ao qual o tendão é contínuo, torna-se fatigado e não pode assumir sua função normal absorviva de choques. O

resultado pode ser o rompimento de fibras tendinosas. (EVANS et al. 1975; ROONEY et al, 1981) Em contraste, a tensão progressiva e repetida sobre o tendão, durante o condicionamento físico, faz com que o tendão paulatinamente tenha uma ação mais elástica. (ABRAHAMS, 1967)

FIGURA 5 - Gráfico das características de tensão-extensão do tendão. Uma resposta de relaxamento inicial (fase elástica) precede uma resposta plástica, com deformação permanente do tendão. O rompimento ocorre a 8% de elongação.



Em estação, os membros anteriores do cavalo suportam 5/9 do seu peso corporal, o que representa em média 1/7 mais que os posteriores. Em movimento, o esforço dos membros anteriores multiplica-se pelo quadrado da velocidade, de maneira que o peso que devem suportar os membros anteriores de um cavalo de esporte com cavaleiro é de várias toneladas. (SCHEBITZ, 1979)

RIEMERSMA, em 1986, fez um estudo relacionando a variação na área transversal de tendões de equino em relação à sua função mecânica. Foi sugerido por FACKELMAN (1973) que as lesões tendinosas ocorreriam em locais do tendão que tivessem menor área transversal, porque o "stress" deveria ser maior nestes locais. RIEMERSMA provou que a força que um local do tendão pode agüentar independe de sua secção transversal, pois existe uma relação inversa entre a secção transversal do tendão e seu conteúdo de fibras colágenas.

2.4. RESPOSTA AO INSULTO E CICATRIZAÇÃO DOS TENDÕES

Infelizmente, as lesões no tendão flexor digital superficial são bastante comuns; resultados de estudos *post mortem* feitos por WEBBON em 1977, revelaram que 24% dos membros anteriores de uma população de equinos de várias raças (n = 220 membros anteriores) e 30% de outra população similar (n = 140 membros anteriores), demonstraram anormalidades no tendão flexor digital superficial. Entre cavalos de corrida, a incidência destas lesões é provavelmente bem maior. (WEBBON, 1977)

A incidência de lesões no tendão flexor digital profundo é matéria de debate. Alguns investigadores perceberam que , mesmo com os tendões digitais superficiais severamente afetados, os tendões flexores digitais profundos permaneciam inalterados, e que de maneira geral, as lesões do tendão flexor digital profundo são raras. (GENOVESE et all, 1989; WHEAT, 1977). Outros pesquisadores demonstraram que as lesões dos tendões flexores digitais superficiais e profundo ocorrem freqüentemente no mesmo membro. (WEBBON, 1977)

FACKELMAN, em 1973, demonstrou através de angiografias de tendões flexores de equínos, um mapeamento das áreas com menor irrigação, e que teriam maior predisposição à processos degenerativos. No tendão flexor digital superficial, a área assinalada foi a parte central da região metacarpeana mediana. No tendão flexor digital profundo foi a região logo sobre a articulação do boleto.

O fator vascularização tem um papel preponderante ao fator área de secção transversal como agente causador de problemas tendinosos. (RIEMERSMA, 1986)

Entre os cavalos de corrida , as células na periferia do tendão são mais numerosas e arredondadas que aquelas do centro. No centro, a rede vascular é menos desenvolvida que àquela localizada na periferia. Essas diferenças podem resultar do "stress" e refletem modificações intratendinosas que precedem o surgimento dos sinais clínicos. (STROMBERG, 1973)

A cicatrização tendinosa ocorre tanto intrínsecamente (a partir de células do próprio tendão) como extrínsecamente (a partir de células provenientes do tecido peritendinoso). Geralmente, a cicatrização intrínseca é suportada pelos fibroblastos que envolvem as fibras tendinosas e pelo esparso suprimento sangüíneo , com exceção dos tendões flexores digitais superficiais dos membros anteriores , que são supridos pelos vasos intratendinosos do paratendão em um volume sangüíneo bem maior , que nutre aproximadamente 1/4 do volume do tendão. A cicatrização intrínseca é evidenciada pelo crescimento centrifugal e centripetal das células do endotendão e epitendão (MANSKE, 1984). Aparentemente, as células do endotendão podem agir como fibroblastos ativos e assim produzir fibrilas colágenas para a cicatrização. Já a cicatrização extrínseca é resultado da estimulação do tecido peritendinoso para que prolifere no sentido de suprir as células e vasos capilares necessários para a cicatrização. Este processo é responsável pela formação de adesões dos tendões às estruturas adjacentes. Geralmente, é aceito que tanto o suprimento sangüíneo como fibroblastos intrínsecos não são suficientes para o suporte da cicatrização primária do tendão. O suporte extrínseco é de maior importância, e supre aproximadamente 90% do processo de cicatrização, enquanto que o suporte intrínseco fica limitado a aproximadamente 10%. A

maximização da cicatrização intrínseca e minimização da cicatrização extrínseca pode, potencialmente, levar a uma diminuição nos problemas relacionados com adesões peritendinosas. (KRAUSE-HANSEN, 1988)

A sequência biológica para a cicatrização tendinosa é a mesma que para a cicatrização de feridas de pele, com a exceção de que é mais lenta. (STASHAK, 1991)

Os estágios sequenciais que envolvem o reparo dos tendões são descritos a seguir, conforme BANKS, 1981.

Insulto: Este estágio envolve a destruição do arranjo normal das fibras colágenas e lesão dos vasos sanguíneos, causando edema e hemorragia. A redução da circulação normal pode levar à anoxia e subsequente lesão tissular. Esta fase também é marcada pela lise das fibras colágenas causada pela liberação de enzimas degradativas das células lesadas. (SILVER et al. 1983). Por vezes percebe-se com nitidez a perda de núcleo nos fibrócitos.(COLAHAN et al. 1981) Também é característica a perda do padrão ondulado das fibras tendinosas. Este estágio e o próximo são acompanhados por calor, edema e dor. A pressão causada pelo exudato e a hemorragia é responsável pela dor e pelo característico aspecto clínico, descrito como "embarrigado" dos tendões atingidos, uma vez que estes líquidos forçam a separação das fibras colágenas.(WEBBON, 1973). Uma reação inflamatória excessiva pode resultar em aderências restritivas. (BANKS, 1981) As reações celulares e vasculares desta fase inflamatória podem estender-se por até 10 dias. Demonstrou-se que o tendão enfraquece entre os dias 5 e 7 após a lesão. (STASHAK, 1991).

Indução: Este estágio dura de 1 a 15 dias após o insulto, estimulado pela hipoxia que resulta do estágio anterior. Esta fase é caracterizada por um aumento de fibroblastos localizados externamente ao tendão e no tecido tendinoso, por um aumento de fibroblastos na sua região mais externa. Estes fibroblastos são ativos e especializados em produção de tropocolágeno. Os fibroblastos extrínsecos são maiores que os intrínsecos. (SILVER et al. 1983). A proliferação de fibroblastos a partir do paratendão e a subsequente produção de tropocolágeno por parte destas células pode levar à formação de adesões e perda da capacidade deslizante do tendão.

Ainda neste estágio ocorre invasão dos capilares do paratendão no tendão.

Fibroblástico: Dura de 1 a 6 meses após o insulto. Durante este estágio, o colágeno é depositado pelos fibroblastos no local do reparo. As deposições são intrínsecas e extrínsecas. O colágeno é depositado em padrão aleatório, em contraste com o padrão regular longitudinal do colágeno maduro. Há evidências de que ocorre a deposição de colágeno dos tipos III, IV e V. De fato, tendões lesados podem conter 20% a 30% de colágeno do tipo III, o qual possui maior elasticidade mas tem menor força tênsil que o colágeno do tipo I. (SILVER et al. 1983) Há também, a formação de adesões que podem ser restritivas ou não. O colágeno das adesões restritivas é polarizado e compacto, em contraste com o colágeno das adesões não restritivas, que é frouxamente organizado. A organização frouxa facilita a vascularização e aumenta o potencial para remodelagem apropriada.

Remodelação: Tem lugar a partir de 6 meses após o insulto. Durante este estágio, em condições ideais de cicatrização, os fibroblastos tornam-se alongados e orientados longitudinalmente. O alinhamento das fibras colágenas também se torna longitudinal e as novas fibras são incorporadas ao tendão normal. O tamanho e número dos vasos também é reduzido. (STROMBERG, 1973). Em más condições de cicatrização, ocorre permanência de tecido de granulação imaturo. A cicatriz pode estar envolta por uma borda de tecido com vascularização aumentada. Nestes casos, aparentemente o tendão está clinicamente normal, mas perde sua força tênsil e elasticidade. Caso a cicatrização ideal ocorra, o tendão se separa completamente do paratendão que o envolve, restando poucas adesões. Se as condições não são ideais, a força normal, a elasticidade e o deslizamento do tendão não são restaurados. Tendões seriamente danificados podem requerer mais de 1 ano para reparação. (SILVER et al. 1983). A organização das fibras tendinosas continua após 14 meses, quando ainda é encontrada quantidade razoável de colágeno tipo III. (GENOVESE et al. 1991; COOMBS et al. 1980)

WATKINS, em seu estudo da cicatrização de defeitos cirurgicamente criados no tendão flexor digital superficial do cavalo, corroborou as observações de trabalhos anteriores de que os fibroblastos e capilares reparadores originam-se principalmente dos tecidos peritendinosos e a predominância é do colágeno tipo III na zona de cicatrização. A deposição máxima de

colágeno tipo III ocorre aos 2 meses pós-lesão, assim como a deposição de colágeno dos tipos IV e V, feita por células endoteliais. Aos 6 meses após a lesão não são encontrados resquícios de colágeno tipo IV e V e aumenta a quantidade de colágeno tipo I em relação ao tipo III (WATKINS et al. 1985)

2.5. ETIOLOGIA DAS LESÕES TENDINOSAS

A inflamação do tendão e das uniões tendomusculares é denominada tendinite. No equino, contudo, refere-se mais especificamente a inflamação dos tendões flexores. O termo tendinite, se usado corretamente, aplica-se à inflamação envolvendo tendões que são envoltos em paratendão e não em bainhas. Se a região envolvida estiver associada a uma bainha sinovial, usa-se o termo tendosinovite ou tendovaginite. (ADAMS, 1974). As lesões tendinosas podem ser agrupadas em duas categorias abrangentes : mecânicas e degenerativas. Ambos os tipos de lesão são atribuídos a um trauma predecessor. (fig. 6) No cavalo de tração, as lesões se dão com maior frequência no tendão flexor digital profundo, em função do tipo de esforço dispendido, enquanto que em cavalos que devem andar rapidamente (corridas) ou superar obstáculos, o tendão mais afetado é o tendão flexor digital superficial. As lesões quase sempre são nos membros anteriores, pois estes suportam a maior carga durante o galope e no momento em que os membros anteriores do cavalo tocam o solo após um salto. (MÜLLER et al. 1979)

São fatores predisponentes os tendões finos e fracos , geneticamente encontrados em algumas linhagens de cavalos de corrida, as posições irregulares de cascos e aprumos, e o mau ferrageamento . (MÜLLER et al. 1979)

Traumatismos mecânicos ocorrem devido a lesões produzidas por agentes como ferraduras, portas de cocheira, cercas, fios de arame , etc. Podem ser agudos ou rombos, e resultam em sinais clínicos de acordo com a severidade. (fig.7) A lesão degenerativa, seguida ou não de uma ruptura parcial ou total do tendão, resulta da anoxia tecidual. (FACKELMAN, 1979)

Em certos casos mais raros, a ruptura do tendão pode ocorrer devido a um esforço momentâneo extraordinário, sem qualquer alteração degenerativa anterior. (FACKELMAN, 1979)

As lesões traumáticas dos tendões devido a lacerações por um objeto agudo são uma ocorrência bastante comum. A lesão pode ocorrer em qualquer área acessível, mas geralmente envolve o tendão extensor digital comum e o tendão flexor digital superficial. A pele e o tendão são lacerados compõem um ferimento que contém fluidos da derme, vasos sanguíneos, nervos e outros tecidos. O tendão fica conectado por fluidos a outras estruturas lesadas. (PEACOCK, 1965). É comum também a contaminação bilateral dos cotos do tendão. A probabilidade de infecção é especialmente grande quando a laceração envolve a parte do tendão que é envolvida

FIGURA 6 - Esquema relacionando a sequência de eventos ocorridos nas lesões tendinosas.

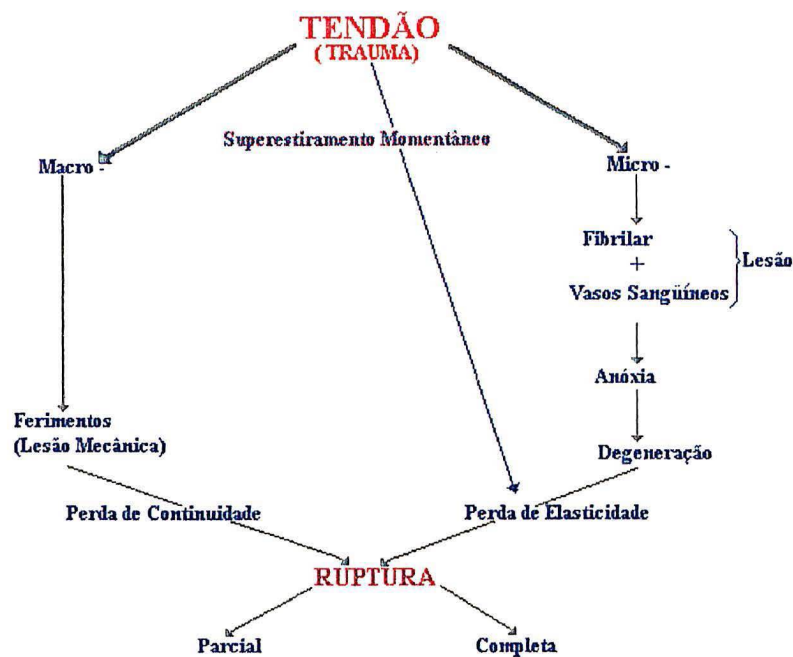
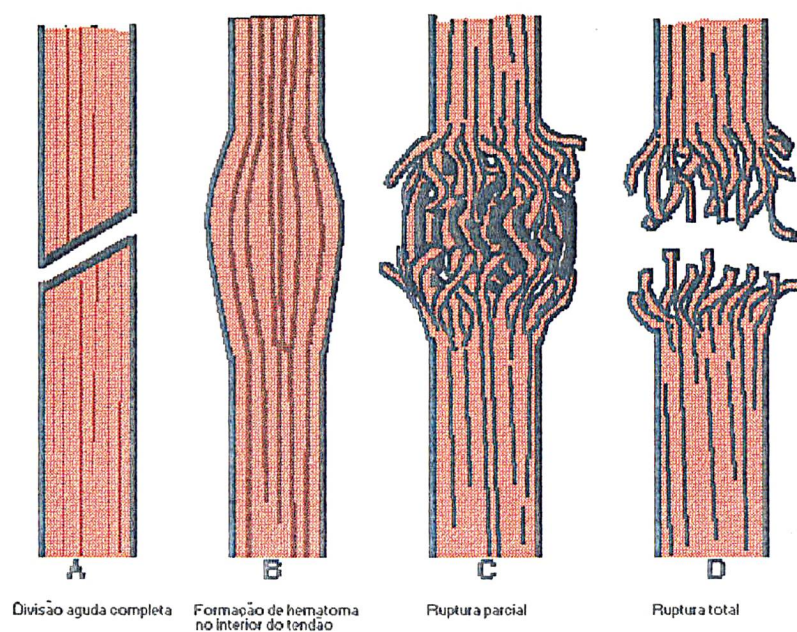


FIGURA 7 - Tipos de lesões tendinosas: (A) completa, divisão aguda; (B) Formação de hematoma no interior do tendão; (C) ruptura parcial e (D) ruptura total.



por bainha tendinosa, porque o líquido sinovial que se encontra na bainha pode ser um meio de disseminação e crescimento bacteriano. (GENOVESE et al. 1989)

Tendões com lesões agudas são caracterizados por modificações degenerativas como cariólise celular, pela destruição do colágeno e por ocasional hemorragia no interior do tendão. A formação de um hematoma no interior do tendão é extremamente dolorosa. A região edemaciada normalmente é dura, hipersensitiva e quase esférica no formato. A pressão leva à hipoxia e degeneração das fibras em contato com o hematoma, piorando o quadro clínico. A reparação segue os estágios descritos anteriormente. As lesões tendinosas que ocorrem como resultado de um superestiramento das fibras tendinosas, sem um quadro degenerativo anterior, podem ser tão leves quanto um edemaciamento suave e temperatura sobre o aspecto palmar do metacarpo, ou tão severas quanto uma formação nitidamente convexa em todo o tendão afetado e acompanhada de dor, impossibilitando a movimentação do membro. (FACKELMAN, 1973)

A degeneração das fibras colágenas ocorre subclínicamente nos tendões de cavalos de corrida e esporte. Esta afirmação é comprovada pela pesquisa de STROMBERG, que em 1973 fez estudos *post mortem* em tendões flexores digitais superficiais de cavalos adultos clinicamente normais, em treinamento, e observou que a composição destes tendões não era totalmente uniforme. Estes achados contrastam com os encontrados em animais jovens examinados por este grupo antes de iniciar o treinamento, onde os tendões examinados apresentavam uniformidade. Uma maneira de produzir modificações degenerativas em um tendão é a falta de sangue suficiente para a manutenção da unidade básica produtora de colágeno: o fibroblasto. Outra maneira é aumentar a demanda produtiva destas células a um grau superior ao que elas podem produzir, o que leva à não-reposição do colágeno perdido ou inutilizado. (FACKELMAN, 1973)

STROMBERG (1973) cita que os feixes de fibras colágenas centrais podem iniciar um processo de degeneração devido à hipoxia durante o treinamento ou corrida. O resultado pode ser o rompimento de fibrilas colágenas e a diminuição da força tênsil das fibras tendinosas, que

vai estimular uma reação inflamatória no tendão que atinge o paratendão e o endotendão. Estas modificações degenerativas podem preceder os sinais clínicos e contribuir para que ocorram rompimentos de mais fibrilas e feixes colágenos.

Quando o músculo ao qual pertence o tendão torna-se fatigado, e não consegue mais suportar a função absorviva de choques, o "stress" sobre o tendão se torna particularmente grande. (ADAMS, 1987).

Pode-se deduzir a partir do que já foi citado, que ao menos quatro fatores têm importante função na produção de modificações degenerativas no tendão: o suprimento sanguíneo precário, a população de fibroblastos esparsa, a alta taxa de rompimento de fibras colágenas e a fadiga muscular. (FACKELMAN, 1973). Estes fatores podem ocorrer isolada ou conjuntamente. Uma área anatomicamente com baixos limites de suprimento sanguíneo terá poucos fibroblastos e, caso haja aumento na demanda de colágeno, o ponto crítico será alcançado rapidamente. Se além disso, este animal estiver insuficientemente treinado, e sua musculatura logo entrar em fadiga, o quadro clínico estará formado. (FACKELMAN, 1973)

2.6. DIAGNÓSTICO

Em razão da tendinite ser tipicamente subclínica, o diagnóstico ultrassonográfico é especialmente eficaz na identificação das pequenas lesões subclínicas que originam o quadro. (RANTANEN et al. 1985) O diagnóstico ultrassonográfico permite um método não invasivo para quantificar o dano ao tendão. (GENOVESE et al., 1986). Muitas vezes estas lesões são subestimadas quando o diagnóstico é feito com base na palpação e sinais clínicos. Se as pequenas lesões ou tendinites difusas de grau leve fossem logo identificadas e tratadas, a lesão séria e muitas vezes irreversível, seria evitada. (GENOVESE et al. 1986). O diagnóstico ultrassonográfico é feito com a ajuda de um transdutor que é conectado a um "scanner" ultrassonográfico. O transdutor emite ondas sonoras de alta frequência (7.5 MHz). Quando estas ondas de alta frequência atingem os tecidos-alvo, geram ecos que são capturados pelo

transdutor, processados pelo "scanner" e projetados em uma tela monitora. Essas imagens podem ser gravadas ou fotografadas para comparação posterior. Para uso em tendões, usa-se um "scanner" setorial. As lesões e reações inflamatórias, em função do aumento da quantidade de líquidos, se apresentam como zonas pouco ecogênicas - pontos escuros e tons cinzas-escuros - e as cicatrizes se apresentam como zonas hiperecogênicas - tecido mais esbranquiçado que o normal. (REEF, 1991; ADAMS, 1987; RANTANEN, 1985; ALLEN et al. 1990; BILLER, 1988).

Atualmente, como ajuda diagnóstica nos processos de tendinite, ainda contamos com a Tenografia, que é uma radiografia de contraste das bainhas tendinosas. Este método pode usar contraste negativo (ar) ou positivo (contraste à base de iodo), permitindo a avaliação clínica de problemas localizados em regiões com bainhas tendinosas. Seu inconveniente é que é uma técnica invasiva. (DIRK et al. 1987; HAGO et al. 1986) Também é utilizada a Tenoscopia, que é a utilização do endoscópio para a observação direta da superfície dos tendões e tecidos da camada sinovial da bainha tendinosa. (NIXON 1990)

Outro auxílio diagnóstico moderno é a Termografia, que nada mais é do que a representação pictorial da temperatura da superfície de um objeto. Assim como a ultrassonografia, não é uma técnica invasiva. O aparelho mede a temperatura da superfície da pele, o que faz com que seja detectada qualquer tipo de inflamação. Com esta técnica, pode-se diagnosticar uma lesão tendinosa mais de 2 semanas antes do aparecimento de evidências físicas como edema e dor, permitindo assim um ajustamento no protocolo de treinamento dos animais. (TURNER, 1991; STEIN, 1988; STROMBERG, 1974)

2.7. PRINCÍPIOS GERAIS DA CIRURGIA TENDINOSA

A anestesia geral é indicada para o reparo cirúrgico da maioria das lesões e anormalidades tendinosas em animais. A importância da hemostase durante o procedimento cirúrgico não deve ser excessivamente enfatizada. O procedimento cirúrgico deve produzir no tendão e tecidos adjacentes o menor grau de insulto possível. O melhor exemplo disso é o

excesso de utilização de compressas para secar o campo operatório, que leva a uma irritação dos tecidos. A hemostasia suficiente pode ser alcançada pelo uso de torniquetes bem aplicados, e o uso da eletrocoagulação. Ligaduras devem ser aplicadas a vasos apenas se absolutamente essenciais, para prevenir sangramento arterial. (BUTLER, 1974) O tecido tendinoso ou os tecidos que o cercam não devem secar em nenhum tempo da cirurgia. Assim, solução salina deve ser preparada para eventual utilização. (BUTLER, 1974)

Também é totalmente desaconselhável o manuseio do tendão com instrumentos cirúrgicos tais como pinças dente-de-rato, pinças hemostáticas ou pinças de Allis , ou o envolvimento do tendão em gaze. O único lugar onde estes instrumentos podem ser utilizados é sobre uma área a ser removida ou onde a criação de aderências não é importante, ou seja desejável. (BUTLER, 1974)

Os tendões podem ser reparados primariamente ou secundariamente. O histórico da lesão original é importante assim como o grau de trauma imposto ao tendão e às estruturas que o envolvem. Não se deve proceder um reparo em um tendão que está sobre uma fratura porque o tendão pode ser incorporado ao calo ósseo em formação e o mecanismo musculotendinoso pode se perder. Caso o ferimento esteja contaminado ou infectado, também não deve ser reparado. O reparo tendinoso primário deve ser procedido no período máximo de 4 horas após a lesão. Este período pode ser estendido um pouco mais se o ferimento estiver perfeitamente debridado; entretanto, contusões extensivas resultam na perda da vitalidade tecidual e contra-indicam o uso de reparação primária. (BUTLER, 1974)

Se possível, o procedimento cirúrgico deve ser planejado com antecedência para reduzir o tempo cirúrgico. Sob todas as circunstâncias a assepsia deve ser mantida porque a infecção resulta em adesões. Caso muito tempo tenha se passado, ou exista um alto grau de contaminação , a área pode ser debridada e um pequeno pedaço de fio de sutura colorido pode ser colocado em cada uma das extremidades do tendão atingido. Isto vai facilitar a localização dos cotos tendinosos durante o reparo cirúrgico secundário, após o ferimento ter sarado e não haver mais sinal de infecção. (BUTLER, 1974)

O método de sutura ideal em tendões deve ter um alto grau de força tênsil e deve ter a menor quantidade de nós possível para evitar reações teciduais. O padrão deve ser simples e não tender a estrangular os tecidos. Ainda, deve conter o mínimo de material de sutura. (LIPSCOMB et al. 1961)

Quando da sutura, os pontos devem ser posicionados em um ângulo de 45° em relação às fibras tendinosas, para prevenir o o estrangulamento das fibras e seu conseqüente rompimento. (BUNNEL, 1940)

Devido à grande força de tensão que é colocada sobre o tendão mesmo em repouso, reconectar o tendão rompido usando técnicas de sutura comuns normalmente é quase impossível. Um grande número de técnicas especiais têm sido usadas para o reparo das lacerações tendinosas. (GENOVESE et al. 1991).

Nenhum padrão de sutura é satisfatório para todos os tendões; assim, uma variedade de padrões são empregados e a escolha do padrão é baseada na configuração anatômica do tendão e no tipo de lesão. Como exemplos temos as suturas de Bunnell-Meyer e a sutura "Locking Loop", utilizadas para tendões redondos semi-redondos. (BUNNEL, 1944 ; PENNINGTON, 1979) .

2.8. TRATAMENTOS PRECONIZADOS PARA TENDINITE

Nos casos agudos, a terapia é direcionada para minimizar ao máximo os efeitos deletérios da resposta inflamatória dos tendões. Normalmente inicia com a aplicação de gelo e hidroterapia para diminuição do edema e da hemorragia. Usando modelos experimentais de tendinite, FARRY (1980), demonstrou que a aplicação de gelo diminuiu a resposta inflamatória no tecido tendinoso , mas, por outro lado, causou aumento no edema subcutâneo, que foi controlado com a utilização de bandagens de pressão. (NIXON, 1990) Em adição, faz-se o uso parenteral de antiinflamatórios não esteróides. (ADAMS, 1987) O uso de corticoesteróides para redução da resposta inflamatória foi sugerido por ADAMS, em 1974, mas sua utilização foi negada por um grupo bem maior de autores, e mesmo pelo próprio

ADAMS, em 1987. (POOL, 1980; SELWAY, 1982). É sabido que a injeção local de corticoesteróides de longa duração no tendão resulta em necrose focal no local da aplicação. Assim, a injeção local aumenta o dano no já lesado tendão e provavelmente potencia calcificação distrófica, retardando a resposta do tecido para reparação. (POOL, 1980). Em caso relatado em humanos, três pacientes com lesões no tendão calcâneo comum foram tratados com uma única injeção local de corticoesteróide. Todos os pacientes tiveram rompimento do tendão 2 a 6 semanas pós-injeção. (KLEINMAN, 1983). Alguns autores preconizam a injeção peritendinosa de corticoesteróides, seguindo o raciocínio da redução das adesões sem comprometimento da cicatrização tendinosa. (ADAMS, 1987).

CHURCHILL, em 1985, reportou algum sucesso com a injeção de hialuronato de sódio peritendinosa em lesões recentes.

Durante a fase de indução, 48 horas após o insulto, a alternância de calor com frio pode ser mais benéfica do que apenas o frio. O calor promove a dilatação vascular e encoraja o processo cicatricial. A alternância com o frio previne a dilatação excessiva e subsequente edema. (GENOVESE et al. 1989)

Na tentativa de redução do edema, também é preconizado o uso tópico de dimetilsulfóxido (DMSO). Os resultados têm sido satisfatórios. (ADAMS, 1987)

Na fase fibroblástica, muitas formas de terapia têm sido utilizadas. Entretanto não há um consenso em relação ao melhor tratamento.

O tratamento mais antigo - desde antes de Cristo - e muito utilizado até hoje é o uso de substâncias irritantes locais. Algumas até são aplicadas internamente. Seu uso pretende um aumento do fluxo vascular na região afetada e promoção da cicatrização, havendo muitos relatos não oficiais de sucesso. Contudo, uma pesquisa científica séria com relação à sua eficácia ainda não foi conduzida. (EVANS, 1979). Com base em sua composição e concentração, várias substâncias diferem na intensidade de sua ação. Tinturas e vesicantes à base de mercúrio ou iodo são aplicados sobre o tendão afetado em uma série de três a quatro tratamentos. Vesicantes internos produzem menor reação cutânea e aparentam produzir menor reação dolorosa. Assim, após a preparação cirúrgica do local, é procedida a injeção

peritendinosa de um irritante como iodo proteinado, oleato sódico ou morruato sódico. (GENOVESE et al. 1989)

Outro procedimento muito antigo e ainda muito utilizado no combate à tendinite é a cauterização; gerações de veterinários têm utilizado esta técnica. Novamente, o raciocínio é o de que a cauterização aumenta a vascularização no tendão e no peritendão, encorajando a velocidade do processo de cicatrização. A técnica é conhecida entre os leigos como "ponta de fogo". É utilizada uma barra de metal com ponta aguda. Os métodos para cauterização são muitos: em linha e/ou em pontos, a ponta do metal, que pode ser aquecido de diferentes maneiras, pode penetrar apenas na pele ou na pele e no tendão simultaneamente. Comprovadamente, quando o tecido tendinoso é atingido, ocorre necrose focal. SILVER e ROSSDALE (1983) conduziram um programa de pesquisa no qual lesões tendinosas foram produzidas em pôneis com injeções de hialuronidase. Após a produção das lesões, os animais foram separados em dois grupos. Em um grupo foi usado como tratamento a cauterização em linha e no outro, o grupo controle, apenas o descanso. Os autores concluíram que a cauterização não produziu qualquer tipo de melhora bioquímica ou estrutural significativa quando comparada com o grupo em repouso. Além disso, a cauterização não alterou o processo ou taxa de reparo tendinoso.

A cauterização muitas vezes protege o animal de uma lesão maior advinda da péssima combinação de treinamento deficiente e excesso de trabalho, porque obriga o animal a ficar em repouso por algum tempo. A termocauterização da pele produz uma cicatriz que, mais tarde, vai agir como suporte para o tendão flexor digital superficial, assistindo-o em sua função passiva de suportar a articulação metacarpofalangeana. Este é segundo FACKELMAN (1973), o único ponto benéfico da cauterização.

Na experiência de muitos veterinários em campo, entretanto, muitos cavalos voltaram a sua função total após a cauterização em menos de 1 ano, mantendo-se sãos. GENOVESE et al. 1989 afirma que como o tratamento por cauterização normalmente é acompanhado por um período extenso de repouso - 5 a 7 meses - a cauterização pouco contribui para o processo de cicatrização, tendo o repouso do animal papel preponderante no resultado positivo do

tratameno. Primeiramente descrito por FORSSEL, em 1931 e posteriormente modificado por ASHEIM e SEVELIUS em 1964, KNUDSEN em 1967, NILSSON e BJÖRK em 1969, NILSSON em 1971 e KNUDSEN em 1979; o "splitting" percutâneo também é uma técnica até hoje muito utilizada no tratamento da tendinite. O "splitting" percutâneo acompanhado de repouso foi descrito como um indutor de vascularização e recolonização fibroblástica com conseqüente formação de colágeno. (ASHEIM et al. 1964 e 1967). A técnica envolve o preparo cirúrgico do tendão seguida de uma série de incisões longitudinais no tendão com instrumento apropriado. A idéia é fazer com que a área central do tendão seja mais facilmente atingida pela invasão vascular, para promover a cicatrização. (Fig. 8)

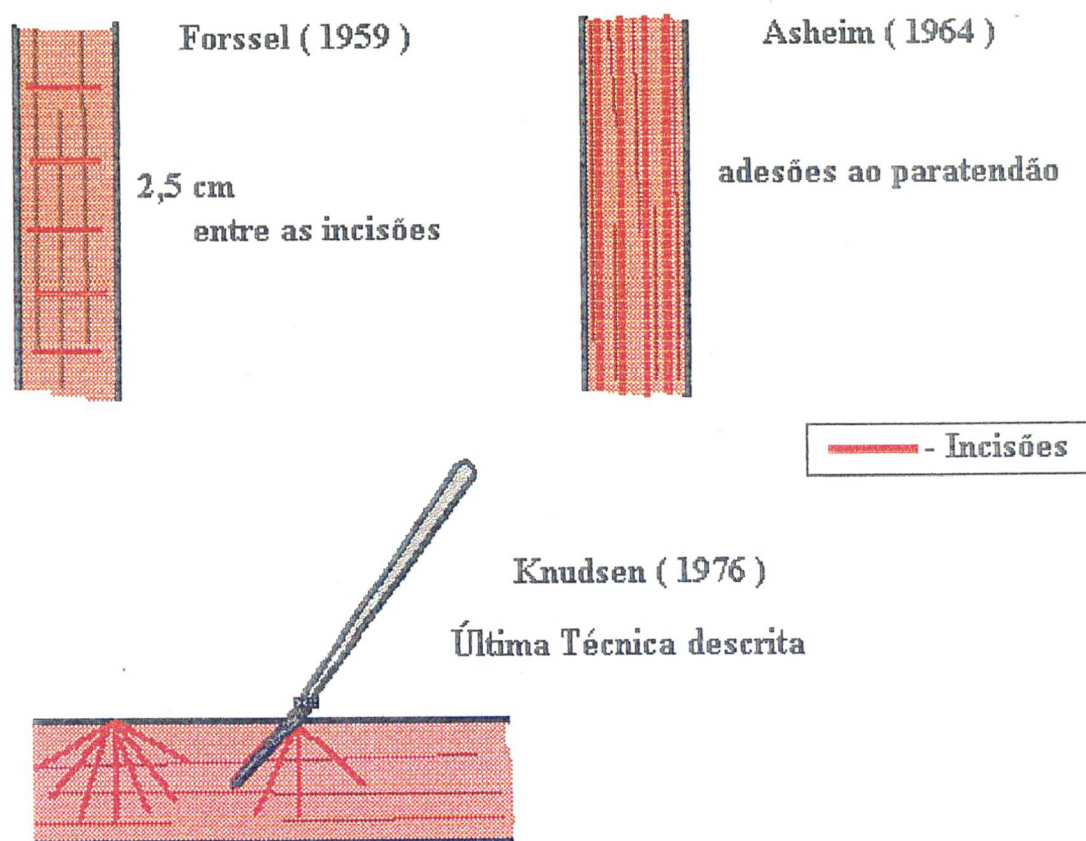
Os registros de sucesso da técnica de "splitting" percutâneo variam grandemente. NILSSON (1969, 1970), reportou que, de 50 cavalos de corrida de trote com o tendão flexor digital superficial de um ou de ambos os membros anteriores lesados, tratados com "splitting" percutâneo, 65% retornaram às corridas. CANNON (1981) prescreveu o "splitting" percutâneo e 6 meses de repouso como a forma mais efetiva de terapia em cavalos puro sangue ingleses com tendões flexores digitais superficiais afetados. De 42 cavalos, 20 voltaram a correr cinco ou mais competições após o tratamento. KNUDSEN (1976) operou o ligamento suspensor do boleto de 285 cavalos de corrida usando a técnica de "splitting" percutâneo, e 251 animais voltaram a correr pelo menos uma corrida. O mesmo autor também operou o tendão flexor digital superficial de 166 cavalos de corrida, sendo que 121 voltaram a correr pelo menos uma corrida.

STROMBERG et al. (1974) reportou que, apesar da intensa resposta vascular ao "splitting", a modificação degenerativa e a necrose subseqüentes provavelmente resultam em um tendão com menor capacidade de resistência que um tendão em que apenas o repouso foi utilizado como tratamento. Dados histológicos e bioquímicos relativos a lesões induzidas experimentalmente revelaram que o "splitting" percutâneo não era um benefício mensuravelmente superior do que o descanso puro e simples. (STROMBERG et al., 1974).

No que se refere a transplantes, AMMAN e FACKELMAN (1973) descreveram uma técnica envolvendo tecido tendinoso autólogo sendo, para tanto, retirado um pedaço de 12-15

cm do tendão extensor digital lateral, que posteriormente foi transplantado para uma incisão em forma de "T" invertido no tendão flexor digital superficial, que forma um bolso

FIGURA 8 - Diferentes técnicas de "splitting" em tendões equinos.



para portar o implante. Histologicamente o implante foi bem aceito, com invasão de neovasos e fibroblastos. Aos 4 meses de pós-operatório, o enxerto já não podia ser mais identificado. O autor operou 50 animais, sendo que 25 retornaram às corridas.

No caso de lacerações, o tratamento mais conservativo consiste na aplicação ao membro lesado de grande quantidade de bandagens, preferentemente elásticas e na utilização de talas ou moldes de gesso, resina ou fibra de vidro, bem como a aplicação de ferrageamento corretivo com elevação nos talões dos cascos para reduzir a tensão nos tendões. (LUNDVALL, 1968 e HARRIS, 1979). Os suportes externos devem ser mantidos até que o processo de cicatrização esteja estabelecido; o tempo necessário usualmente é de 3 semanas. (COLAHAN, 1981).

O descanso puro e simples, na ausência de qualquer outro tratamento ainda parece ser o mais eficaz para a tendinite nos eqüinos. Após a fase aguda, o animal é solto no campo por no mínimo 7 meses, sendo seu posterior retorno ao trabalho lento e progressivo. (SILVER et al. 1983) NIXON (1990), por sua vez, preconiza uma combinação de repouso com períodos progressivamente maiores de exercício controlado ao passo durante a fase de remodelação da lesão. Exercícios em piscina mostraram-se uma excelente forma de terapia, com respostas muito positivas quando utilizada nesta fase da cicatrização tendinosa. Os exercícios na água devem ter início logo após a fase aguda da lesão, e mantidos por no mínimo 2 meses, após o que são seguidos por exercícios leves com o animal montado por 3 a 4 meses.

A laserterapia tem sido testada para o tratamento de lesões tendinosas e para remover a fibrose excessiva que envolve o tendão em cicatrização. A quantificação da eficácia deste tratamento ainda não é avaliável. (GENOVESE et al. 1989)

A ultrassonografia terapêutica também tem sido utilizada para promover a cicatrização de lesões tendinosas em cavalos de corrida. Em um estudo, 13 cavalos com lesões nos tendões flexores digitais superficiais com vários graus de severidade foram tratados com ultrassonografia; e, após 2 meses todos voltaram a correr. As lesões não retornaram nos 4 meses seguintes, mas três dos cavalos estudados desenvolveram lesões tendinosas contralaterais. (MORCOS et al. 1978)

A aplicação de campos eletromagnéticos também foi tentada. Em um estudo experimental, a estimulação elétrica não aumentou a velocidade de cicatrização, quando comparada com os animais controles. Em um estudo em cães, os pesquisadores reportaram que após o tratamento, a força tênsil no tendão controle foi de 49% , enquanto que nos tendões tratados com estímulo elétrico, a força tênsil foi de 92%. (AUER et all, 1983; McGILLIVARY et al. 1988)

As últimas pesquisas têm se voltado para a procura de um material que possa ser utilizado para substituição e/ou reforço de tendões e ligamentos. Foram testadas próteses de Teflon, Polyester, Aramide, Carbono e de outros materiais nesta busca; e o material que melhor se comportou com relação ao tecido tendinoso foi o carbono filamentosos, por suas propriedades biomecânicas, e biocompatibilidade com o tecido. (CLAES et al. 1983)

2.8.1. CARBONO

Desde antes de Cristo, o carbono tem sido usado em implantes no corpo humano , na forma de tatuagens nas quais percebeu-se que dificilmente ocorria algum tipo de reação por parte da derme. (JENKINS, 1978)

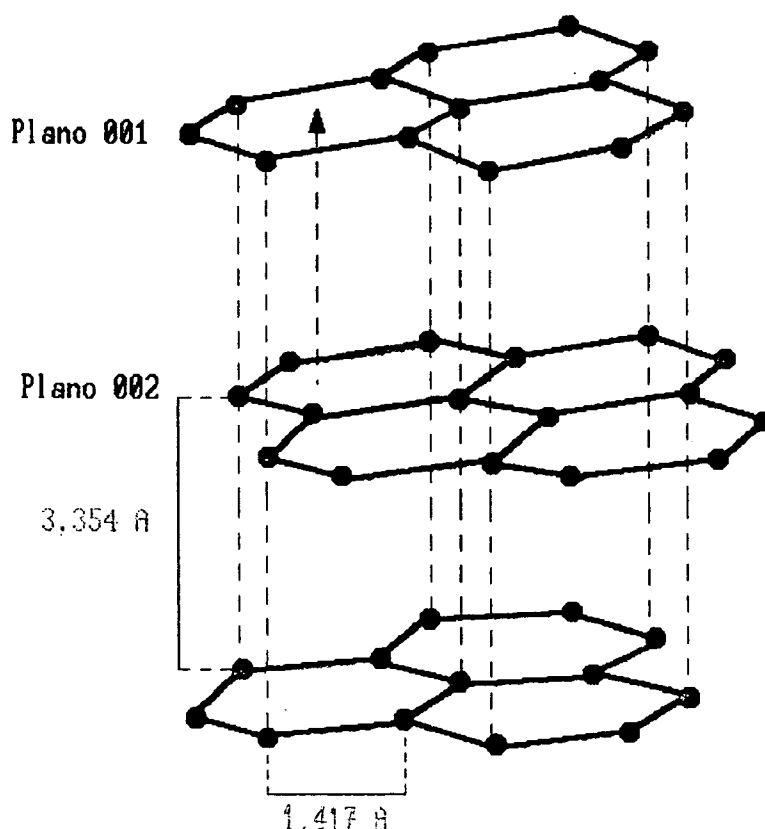
O potencial do carbono como candidato à material para próteses foi reconhecido em 1967, sendo então reportado pela NASA (National Aeronautics and Space Administration), o potencial biológico do carbono foi primeiramente sugerido por BENSON (1971).

Um número de compostos de carbono de baixa densidade e com alto grau de pureza e resistência, foi desenvolvido para aplicações aeroespaciais. Nestes produtos encontrou-se uma compatibilidade química, física e biológica com os tecidos e fluidos do corpo humano. Em adição à sua resistência e biocompatibilidade, os materiais citados acima podem ser prontamente fabricados em configuração complexa permitindo, ainda, a utilização da maioria das técnicas de esterilização. (MENDES, 1985)

O grafite é um mineral composto exclusivamente de carbono que se cristaliza em uma variante dissimétrica de um sistema hexagonal, composto de uma série planos paralelos,

(Fig. 9) possuindo uma notável coesão própria. É um material muito resistente, apesar de não ter um alto peso específico. O grafite dá origem a um material hidrocarbonado precursor, o *POLIACRILONITRILO*, que é transformado em filamentos através de processos físicos , térmicos e mecânicos utilizados para a fabricação de fibras têxteis sintéticas como Rayon, Polivinil e outras. (GOODSHIP et al. 1980; GRETI et al. 1982) O carbono é industrializado em fibras que variam de 90% a 99.99% em termos de pureza química. Segundo MENDES (1985), existem três tipos de fibra de carbono disponíveis no comércio, descritas no Quadro III-B:

FIGURA 9 - Estrutura hexagonal do elemento grafite.



Planos paralelos e estrutura hexagonal da molécula de carbono.

QUADRO III-B - Tipos de fibra de carbono comerciais.

Tipo HS	é o mais puro, com altíssima força modular, contudo tende a romper quando dobrado em ângulos.
Tipo AS	é o menos puro, mas permite a dobra e sutura sem fraturar.
Tipo XAS	é o último tipo de fibra de carbono lançada no comércio. É intermediário entre o tipo HMS e AS no que se refere à pureza e tão resistente quanto o tipo AS às forças transversais.

GOODSHIP (1979) sugere que o tipo ~~HMS~~ seja utilizado no tratamento de tendinites como leito para o alinhamento fibroblástico, enquanto que o tipo AS seja utilizado em substituição de tendões e ligamentos.

Nas fibras comerciais, que são trançadas mecanicamente, normalmente as fibras recebem uma cobertura de resina epoxi para facilitar o manuseio. Esta resina é altamente citotóxica e deve ser retirada da fibra antes de sua utilização através de banho com metil-etil-acetona. (GOODSHIP, 1980) Algumas empresas já vendem as tranças de fibra de carbono com cobertura biodegradável como colágeno, que é degradado pelo tecido tendinoso entre 4 a 7 dias (CLAES et al. 1985), ou como ácido poliglicólico que necessita 56 dias para se degradar. (NIXON et al. 1984)

BURRI et al. (1983) pesquisaram a trama que permitisse maior força tênsil e descobriu que o ângulo entre as mechas deve ser de 43 °, tendo em vista a máxima força tênsil.

Cada fibra de carbono tem um diâmetro de 7 a 10 μm e comprimento indefinido, pois é apresentada enrolada em carretéis. (ALEXANDER et al. 1983; GOODSHIP et al. 1980; BURRI et al. 1983; MENDES et al. 1985; JENKINS, 1978; CLAES et al., 1985; BEJUI et al. 1982)

As propriedades mecânicas da fibra de carbono foram estudadas por CLAES et al. (1983), que concluíram que a tração máxima suportada por cada fibra de carbono com o

diâmetro citado acima é de 0,15 N. Quando estiradas até seu ponto máximo, as fibras se rompem, exibindo deformação elástica sem deformação plástica. Cabe citar que uma trança de fibras de carbono com aproximadamente 10.000 fibras suporta uma tração máxima de 240 N enquanto que o tecido tendinoso íntegro suporta uma força de tração de 150 N, segundo JENKINS et al. (1977), que não especificou qual tendão utilizou para suas medições. Entretanto, outros pesquisadores encontraram valores maiores para a força de tração de tendões específicos como o tendão gastrocnêmio: 339 N (ARAGONA et al. 1981), e 377N para o tendão calcâneo comum (VIIDIK, 1969). É importante observar que a força tênsil e o módulo de elasticidade das fibras de carbono podem ser comparadas aos do aço inox. (CLAES et al. 1985)

Observou-se que o problema básico com as fibras de carbono surge quando há uma força agindo sobre a seção transversal destas, a força cortante faz com que as fibras se rompam. Esta força de corte lateral pode ser minorada com a cobertura das fibras com materiais como colágeno e gelatina. (CLAES et al. 1983)

A partir das pioneiras pesquisas de BENSON em 1971 e de JENKINS em 1977, muita coisa se descobriu sobre esse novo material que é o carbono e suas propriedades com relação a biocompatibilidade. (Alexander et al., 1983).

DANHAN et al. (1982), colocaram os problemas biológicos a serem pesquisados com relação à fibra de carbono. A curto prazo questionaram a sua toxicidade, a capacidade de promover reação imunológica e a produção de reação de corpo estranho. A médio prazo, questionaram com relação a sua indução a deposição de colágeno pelos fibroblastos e sua biodegradação, ou seja, a fragmentação das fibras de carbono e reabsorção destas. A longo prazo, o grupo de pesquisa citou o risco carcinogênico.

A fibra de carbono foi pesquisada em três direções básicas:

- como meramente indutora da produção de tecido colágeno, para auxílio em processos de tendinite, sem ação mecânica.
- como substituta de tendões e ligamentos extra-articulares, ou como material de sutura de tendões rompidos, com ação mecânica.
- como substituta de tendões e ligamentos, mas intra-articulares, com ação mecânica.

JENKINS (1977), utilizou a fibra de carbono para substituição do tendão calcâneo comum em ovinos e coelhos e ligamentos colaterais do joelho em ovinos. Deve-se dizer que o autor foi pioneiro em perceber as propriedades básicas da fibra de carbono em presença do tecido tendinoso. As fibras de carbono foram bem toleradas pelo tecido vivo, sem praticamente nenhuma reação adversa; o implante de fibra de carbono apresentou a propriedade de atrair o crescimento de tecido conjuntivo para o interior de sua trama, havendo deposição de colágeno paralela às fibras de carbono. A estrutura tendinosa formada foi similar ao tendão normal, após poucas semanas. (JENKINS et al. 1977)

Outros grupos de autores estudaram as propriedades das fibras de carbono *in vivo*, frente ao tecido tendinoso, e comprovaram suas propriedades básicas: (JENKINS et al. 1977, 1978, 1983, 1984; GOODSHIP et al. 1980; FORSTER et al. 1978; BREIDING, 1986; NIXON, 1984; ARAGONA et al. 1981; AMIS et al. 1985; ALEXANDER et al. 1978, 1983; BURRI et al. 1983; CLAES et al. 1978, 1983, 1984; TAYTON et al. 1982; NEUGEBAUER et al. 1981, 1983; VALDEZ et al. 1980; VAN DEN BERG et al. 1987; LEMAIRE, 1985; VAUGHAN et al. 1981, 1985; WOLTER, 1977, 1983; LANGLOIS, 1980; GRETI et al. 1982; MURRAY et al. 1983; MOBINI et al. 1982; HUTCHINS et al. 1981; BEJUI et al. 1982; DENNY et al. 1980) . Todos estes autores fizeram citações relacionando o carbono filamentosos como indutor da formação de tecido colágeno clínica e histologicamente similar ao

tendência normal. Todos perceberam que os fibroblastos aderiram às fibras de carbono e enveloparam-nas, sendo que a deposição de colágeno se fez paralela a orientação da prótese.

Com relação ao potencial carcinogênico do implante de fibra de carbono, vários trabalhos foram publicados. A começar pelas já citadas tatuagens, cujo pigmento utilizado era impuro, os raros casos de melanoma encontrados no tecido tatuado foram causados pelas impurezas encontradas misturadas ao pigmento. Portanto é discutível o papel cancerígeno do carbono em si naqueles casos. Em trabalhadores de minas de carvão foram encontrados carcinomas de brônquios que, todavia foram atribuídos à sílica que se encontrava associada ao pó de carvão. (JENKINS, 1978)

TAYTON (1982) estudou os efeitos das fibras de carbono em tecidos moles por tempo prolongado. Para tanto, implantou tranças e pó de fibra de carbono na musculatura de ratos por 15 e 18 meses. Sabe-se que 300 dias é tempo suficiente para ocorrerem modificações carcinogênicas em ratos. Contudo não foi encontrado nenhum caso de neoplasia nos animais pesquisados. NEUGEBAUER et al. (1981) em outro estudo, injetaram pó de fibra de carbono no espaço medular de coelhos e observaram uma reação de corpo estranho mínima aos fragmentos de carbono e pouca quantidade de neoformação óssea com inclusões de carbono; e, observaram ainda, que poucos fragmentos de carbono foram transportados para órgãos parenquimatosos, onde também não produziram reação de corpo estranho.

WOLTER et al. (1983), por sua vez, injetaram pó de carbono endovenosamente, intraperitonealmente, intra e periarticularmente em ratos. Todos os animais sobreviveram. Após a injeção endovenosa, observou-se deposição de fragmentos de fibra nos pulmões, no fígado, no baço e nos rins. Em 48 horas desapareceram os fragmentos que se encontravam nos pulmões e rins. Após a injeção intraperitoneal, surgiram muitas células gigantes de corpo estranho envolvendo os depósitos de fragmentos de carbono dos órgãos parenquimatosos e fragmentos fagocitados foram observados apenas dentro de macrófagos. Em relação às injeções peri e intra-articulares, não se verificou nenhuma reação por parte dos tecidos.

Muitos estudiosos pesquisaram a presença de fragmentos de carbono intra e extracelulares nos linfonodos próximos ao local da implantação da prótese de fibras de

carbono, a fim de comprovar a deposição de fragmentos em outros órgãos e um possível potencial carcinogênico. JENKINS et al. (1977) encontraram fragmentos de fibra de carbono nos linfonodos regionais dos membros dos ovinos que sofreram substituição do tendão calcâneo comum por prótese de fibra de carbono. Os fragmentos foram encontrados em um período de 9 meses a um ano após a operação, intra e extracelularmente. Citam ter encontrado fragmentos de fibra de carbono nos linfonodos os seguintes autores: JENKINS (1977, 1983, 1985); BEJUI (1982), WOLTER, (1983); ALEXANDER et al. (1983) e RICHTER (1991). Os autores que pesquisaram, mas não encontraram fragmentos de fibra de carbono nos linfonodos foram: JENKINS (1978); NIXON (1984); DENNY et al. (1980); MURRAY et al. (1983) e NEUGEBAUER et al. (1983).

Histologicamente, a reação tecidual induzida pela fibra de carbono implantada extra-articularmente no tendão pode ser dividida em três diferentes fases, representadas por três tipos de tecidos que são normalmente encontrados em zonas separadas envolta e entre as fibras do implante de carbono. FORSTER et al. 1978 denominaram estes tecidos de "A", "B" e "C".

"TECIDO A"- Dentro do implante, as fibras individuais de carbono são vistas bastante próximas, como no implante original. Ao redor da sua superfície, entretanto, o tecido tendinoso penetra de fora para dentro por entre as fibras de carbono. Estas fibras são cobertas em toda sua extensão por uma fina camada de macrófagos e células gigantes de corpo estranho, as quais, muitas vezes, são vistas em arranjo epitelióide. Fibroblastos jovens estão presentes em pequeno número. A fragmentação das fibras de carbono individuais, a qual inicia após 2 a 4 semanas, é indicada por pequenos fragmentos de carbono na região extracelular próxima ao implante.

"TECIDO B"- As fibras de carbono individuais ainda estão cobertas pelas células que caracterizaram o tecido "A", e são agora separadas por tecido de granulação jovem. Este tecido contém numerosos capilares, macrófagos, células mononucleares, poucas células gigantes de corpo estranho e feixes de tecido fibroblástico jovem, o qual produz material

colágeno na periferia do implante. Pequenas partículas livres de carbono são neste tecido menos óbvias, podendo ser encontradas com maior frequência dentro dos macrófagos e células gigantes de corpo estranho. Não há reação neutrofílica ou necrose tecidual.

"TECIDO C"- As fibras de carbono individuais se encontram a uma distância considerável umas das outras, estando separadas por uma grande quantidade de tecido fibroso colágeno jovem e maduro. Após um período de tempo, a quantidade total de tecido fibroso aumenta gradualmente, excedendo em volume o implante original de fibra de carbono em 8 a 15 vezes. A estrutura interna também é modificada de um tecido fibroso pouco organizado para grupos bem formados de faixas colágenas que correm paralelas ao eixo longo do neotendão, o que produz uma arquitetura geral muito similar em estrutura ao tendão maduro. Isto foi notado às 4-6 semanas pós-cirúrgicas.

A contínua fragmentação dos filamentos de carbono e reabsorção das partículas são indicadas pela diminuição gradual do diâmetro das fibras e por achados de fragmentos de fibras de carbono no interior de macrófagos. (GRESTI et al. 1982)

O tecido "A" representa o primeiro estágio das reações causadas pelo implante, enquanto que o tecido "C" , o estágio mais avançado de reação tissular. (GRESTI et al. 1982)

Foi feito um experimento *in vitro* com relação ao comportamento dos fibroblastos frente às fibras de carbono. Para tanto, fibras de carbono foram depositadas em culturas de células tipo BHK , e o resultado foi o mesmo que *in vivo*, ocorrendo alinhamento dos fibroblastos ao longo das fibras de carbono. Com o tempo, aumentou o número de células associadas com fibras de carbono individuais, até as fibras serem envelopadas por tubos de células. (GOODSHIP et al. 1980)

FORSTER et al. (1977) pesquisaram as reações biológicas aos implantes de fibra de carbono, e descreveram os dois tipos básicos de fibrose induzida por implantes cirúrgicos:

FIBROSE DE IMPLANTE TÓXICO - exibe uma espécie de cápsula fibrosa incluindo um implante quimicamente instável ou infectado e é acompanhada por necrose tissular e celular, além de reação inflamatória e granulomatosa típica.

FIBROSE DE CORPO ESTRANHO INERTE - é caracterizada pela presença de tecido fibroso difuso ao redor ou entre os implantes inertes ou corpos estranhos. Nota-se a ausência de necrose e presença de macrófagos e/ou células gigantes de corpo estranho. Os autores, entretanto não pensam que o tecido fibroso encontrado tanto ao redor como entre as fibras de carbono implantadas seja meramente um resultado da toxicidade do implante ; e, ainda, não concordam com outros autores como LAING et al. (1967), que postularam que a quantidade de fibrose encontrada envolvendo um implante seria um indicador do grau de sua toxicidade e produção de tecido necrótico.

A presença, a longo termo, de células gigantes de corpo estranho cobrindo filamentos de carbono largamente separados por massas de tecido fibroso dentro de um neotendão funcional, indica que este tipo de reação representa uma situação estabilizada e clinicamente aceitável. Participam desta opinião, além de FORSTER et al. (1978), outros pesquisadores como CHARLNEY (1978), WILLIAMS et al. (1980) e MENDES et al. (1985).

GOODSHIP et al. (1980) e VAUGHAN (1981) frisam que obviamente um material multifilamentoso como a trança de fibras de carbono por possuir grande capilaridade não deve ser utilizado se qualquer indicação de infecção estiver presente.

Para vários grupos de autores, a utilidade da fibra de carbono para substituição de ligamentos é limitada pela sua degradação mecânica prematura e pela migração dos fragmentos de carbono do local do implante via sistema linfático, antes que o novo tecido fibroso o encapsule. Estes autores trabalharam com fibra de carbono sem cobertura ou com cobertura de colágeno, e alguns grupos como o de ALEXANDER (1979), preferiram trabalhar com fibra de carbono coberta por ácido poliglicólico, cuja degradação é mais lenta. Já, WOLTER (1977, 1983) seguindo o mesmo raciocínio, preferiu cobrir a fibra de carbono com uma camada grossa ($0,6 \mu\text{m}$) de pirocarbono para reforçar a estabilidade às forças de tração. Observou-se,

histologicamente, que ao redor de muitas fibras de carbono havia faixas de tecido conjuntivo orientadas paralelamente, entremeadas por fibroblastos. LEMAIRE (1984) admite que as fibras de carbono só poderão permitir a deposição de colágeno e o alinhamento dos fibroblastos se as fibras de carbono estiverem sem qualquer cobertura, mesmo que seja uma cobertura biodegradável. Caso contrário, a deposição tecidual será atrasada por causa do tempo necessário para a reabsorção do material adicional. O autor admite no máximo uma cobertura de pirocarbono para facilitar o manuseio.

Não utilizaram nenhum tipo de cobertura sobre a fibra de carbono em suas pesquisas os seguintes autores: LEMAIRE (1983,1984); JENKINS (1977); FORSTER et al. (1977) ; DENNY et al. (1980); VAUGHAN (1978,1981,1985); MOBINI et al. (1982); GOODSHIP et al.(1980); BREDIN (1986); AMIS et al. (1985); MURRAY et al. (1983); LITTLEWOOD (1979); CLAES et al. (1983); NEUGEBAUER et al. (1981) e TAYTON et al. (1982).

Utilizaram próteses com cobertura de pirocarbono em seus trabalhos: LEMAIRE (1984); WOLTER (1977, 1983) e BEJUI et al. (1982).

Alguns autores acreditam que a cobertura biodegradável é imprescindível, especialmente quando é feita a substituição de ligamentos e tendões por fibras de carbono, exatamente por atrasar a degradação mecânica da fibra de carbono. Assim, preferem as coberturas de ácido poliglicólico os seguintes autores: ALEXANDER (1979); ARAGONA et al. (1980); NIXON et al.(1984); DANHAN (1982); BERTONE et al. (1990).

Outros autores acreditam que o atraso na deposição de colágeno causado pela cobertura de gelatina não é tão importante quanto a facilitação no manuseio da prótese, que só é conseguida às custas daquela cobertura. (BLUMBERG et al. 1982) CLAES e seu grupo (1984) não observaram diferença na resistência das fibras com cobertura colágena e das fibras sem esta cobertura, mas admitiram diferenças significativas na resistência da fibra com cobertura às forças de corte transversal. É possível citar os seguintes autores que utilizaram gelatina para cobertura das próteses : JENKINS et al. (1978); LANGLOIS (1980); BURRI et al. (1983); GRETI (1982); MENDES et al. (1984 e 1985); VALDEZ et al. (1980); CLAES et al. (1983 e 1984); NEUGEBAUER et al. (1981 e 1983).

Em geral, foi observada pouca reação inflamatória no local do implante e a presença de células gigantes de corpo estranho envolvendo fragmentos e fibras de carbono foi assinalada por WOLTER (1977, 1983) ; JENKINS (1977, 1978); CLAES et al. (1978, 1983, 1985) , mas não por ALEXANDER (1983).

Aos 12 meses pós implante, ALEXANDER (1983) encontrou tecido tendinoso quase idêntico ao natural na região substituída (tendão patelar em cão). Seu resultado foi corroborado por CLAES et al. (1978) e KINZL et al. (1979). WOLTER (1983) teve as mesmas impressões em seu estudo em ligamento colateral do joelho de coelhos, ocorrendo o mesmo com JENKINS (1977), que trabalhou com o tendão calcâneo comum em ovelhas; com ARAGONA et al. (1980), que trabalhou com o tendão gastrocnêmio de coelhos e com CLAES (1985), que trabalhou com o tendão flexor digital superficial de equinos.

LEMAIRE (1985) citou que não há controle na deposição do colágeno nos tendões que sofreram o implante de fibra de carbono. Sob as mesmas condições, em pacientes diferentes, ocorreu a indução de deposição de colágeno variando de 1 a 5 vezes em quantidade. A deposição de colágeno é rápida nos primeiros 4 a 5 meses, diminuindo o ritmo após este tempo. Apesar disto, a deposição continua por mais de um ano, podendo ser excessiva se um número muito grande de fibras de carbono tiver sido implantada. O mesmo autor assinala a dificuldade para o cálculo da quantidade de fibras de carbono a serem utilizadas, uma vez que a quantidade exata de colágeno que vai se depositar não pode ser precisada.

JENKINS em seu trabalho de 1984, após 8 anos de experimentos e 562 pessoas operadas de diferentes problemas tendinosos onde a fibra de carbono foi utilizada, reportou 80 % de sucesso.

BURRI et al. (1983) utilizaram a fibra de carbono em humanos, usando vários tipos de técnicas cirúrgicas, tais como: deslocamento crônico da articulação esternoclavicular (1 caso), deslocamento crônico acromioclavicular (4 casos), Instabilidades do joelho - ligamento colateral medial (38 casos), ligamento colateral lateral (17 casos), ligamento cruzado anterior (29 casos), ligamento cruzado posterior (3 casos), instabilidades do calcânhar e articulação

subtalar (31 casos). Resultados positivos foram conseguidos em 4 casos na articulação do ombro, em 58 casos na articulação do joelho e em 29 casos no tornozelo.

CLAES & NEUGEBAUER, em 1985, investigaram o comportamento da prótese de fibra de carbono a longo termo em ligamentos colaterais mediais de joelhos de ovinos. Postularam, então, que na substituição de ligamentos por próteses de fibra de carbono, o sucesso somente é alcançado se o tecido conjuntivo entre as fibras de carbono estiver totalmente desenvolvido antes que a degradação mecânica da fibra se inicie. Após um ano, a resistência do ligamento colateral medial substituído era maior que nos ligamentos íntegros. Nos testes biomecânicos, a fibra rompeu-se nos pontos de ancoragem, devido às forças transversais e às de fricção que agiram sobre o implante, no local onde a prótese penetra no túnel ósseo em um ângulo agudo. Então, foi sugerida pelos autores uma nova técnica cirúrgica para modificação do ângulo e redução da fricção transversal sobre a fibra. Em outro trabalho, esta dupla de pesquisadores, corroborada pelos trabalhos do grupo de MENDES (1984), enfatiza que durante a implantação de próteses de fibra de carbono, as margens ósseas cortantes e curvas devem ser evitadas. (CLAES et al. 1983). BURRI et al. (1983) minimizaram esse problema, cobrindo a parte da fibra que sofre a fricção com uma porção de fâscia lata.

NIXON e STASHAK (1984) compararam a fibra de carbono e o nylon para reparo de tendões flexores digitais superficiais rompidos em eqüinos. A fibra de carbono incitou uma resposta histológica bem maior que o nylon, e os tendões suturados com fibra de carbono se mostraram bem mais engrossados que os tendões suturados com nylon. A médio prazo, a força tênsil dos tendões suturados com nylon foi maior que a dos tendões suturados com carbono. Este mesmo tipo de comparação foi feito por BERTONE et al. (1990), que também preferiu o uso do nylon monofilamentoso para sutura de tendões rompidos. A autora afirmou que a fibra de carbono comportou-se como um corpo estranho, prolongando a inflamação por mais de 6 meses, e que o reparo resultante obtinha aos 6 meses, apenas 60% da força tênsil do tecido original, o mesmo obtido para o nylon. A mesma autora, em outro trabalho, (BERTONE et al. 1990), reafirmou que a fibra de carbono foi menos aceitável para a sutura de tendões flexores

rompidos, em equínos do que o nylon. O tecido reparado com fibra de carbono foi mais fraco por unidade de área que o tecido reparado com nylon, provavelmente em função da marcada reação granulomatosa de corpo estranho encontrada. Este resultado confirma os mesmos achados por parte do grupo de BLOOMBERG (1985).

Em um outro trabalho , que comparou vários materiais aloplásticos em substituição de ligamentos, o autor testou o teflon (polifluoretileno expandido), o polyester (polietil-enetereftalato), o aramide (poliamide aromático) e a fibra de carbono, na substituição do ligamento medial colateral medial do joelho de ovelhas. Do ponto de vista da biocompatibilidade a fibra de carbono foi superior a todos os outros materiais e ainda foi o único material que deu origem a um tecido similar ao ligamento excisado. (CLAES et al. 1983)

Outra pesquisa de comparação foi conduzida por AMIS et al., em 1985, onde os tendões calcâneos comuns de coelhos foram excisados e substituídos por próteses de fibra de carbono e polyester. Os tendões baseados em fibra de carbono demonstraram elongação progressiva e necessitaram de um período mínimo de 56 dias de imobilização para um resultado funcional aceitável. Tanto o carbono como o polyester foram aprovados para a substituição de ligamentos, com vantagem para o carbono por sua indução ao alinhamento fibroblástico e deposição de colágeno.

Ao contrário da pesquisa de JENKINS e seu grupo (1977, 1978) que não fizeram nenhum tipo de imobilização nos membros dos ovinos por eles operados, LEMAIRE (1985), após 4 anos de pesquisa e de utilização de fibra de carbono em 1.300 casos humanos, admitiu que a substituição de tendões e ligamentos por fibras de carbono requer um mínimo de 3 meses de imobilização. O autor cita que este é o tempo mínimo para que o tecido colágeno torne-se adequadamente efetivo. Segundo ele, existe um período intermediário entre a colocação da prótese e o momento no qual ocorre a deposição de colágeno por parte do tecido tendinoso. As fibras de carbono são muito frágeis em esforços de fricção contra materiais duros como ossos, obrigando uma imobilização da articulação até que haja uma cobertura colágena que permita o deslizamento.

VALDEZ et al. (1980) , fizeram uso do implante de fibras de carbono para o reparo de

lacerações do tendão flexor digital superficial no equino. Após o implante, 10 de 13 cavalos tiveram rápido reparo fibroso. Esse reparo não produziu reação proliferativa excessiva nos cotos tendinosos, como é comumente associado a outros métodos de reparo tendinosos. (PEACOCK, 1965; PEACOCK, 1964). As adesões encontradas foram mínimas e não restritivas, apresentando hiperextensão mínima da região da articulação metacarpo-falangeana (boleto), quando comparada com os controles e ótimo apoio de peso corporal sobre o membro operado já aos 30 dias. Foi observada infiltração eosinofílica marcada ao redor do tecido de granulação nos implantes com 60 e 90 dias. Os autores concluíram que o implante de fibra de carbono foi muito bem tolerado no equino, produzindo um resultado cosmético mais aceitável do que outros métodos já descritos.

BROWN et al. (1983), utilizaram suturas de fibra de carbono e ferraduras corretivas em 10 casos clínicos de equinos com lacerações tendinosas e feridas contaminadas. Seis cavalos retornaram às suas atividades anteriores. Em casos experimentais, os tendões com implante de fibra de carbono apresentaram-se mais extensivamente remodelados que os animais controles 8 meses após a cirurgia.

Extra-articularmente, o comportamento da fibra de carbono foi descrito por numerosos autores, conforme citado anteriormente; mas MENDES et al.(1985) encontraram algumas diferenças em seus trabalhos, nos quais a fibra de carbono foi utilizada para a reconstrução do ligamento colateral medial do joelho, em humanos. Assim, 45 pacientes com implantes de mais de 1 ano foram estudados. MENDES não encontrou em nenhuma secção das próteses retiradas, estruturas histologicamente parecidas com um ligamento normal ou tendão, mas sim, um padrão que consistia em uma unidade composta de um grupo de fibras de carbono envelopadas de maneira concêntrica por camadas de fibroblastos e fibras colágenas. Essa estrutura sempre se encontrava acompanhada de células inflamatórias e a reação não cedeu mesmo 18 meses após o implante. Uma vez que o tempo de vida dos macrófagos e vários leucócitos é curto (ADAMS, 1976), fica patente que ocorreu um influxo contínuo de células inflamatórias para o local por um longo período. Havia orientação consistente das fibras colágenas na direção das fibras de carbono às quais estavam associadas. MENDES et al. foi o

único grupo de pesquisa que observou necrose focal em pequenos pontos de menos de 2mm de diâmetro no tecido formado. O mesmo autor também observou que havia fagocitose das fibras de carbono por macrófagos e que seus fragmentos apareceram como grânulos finos e irregulares no citoplasma destas células.

Autores como FORSTER et al. (1978); ALEXANDER et al. (1983) e Wolter (1983), afirmam que as fibras de carbono fragmentam-se continuamente após o implante, sendo que os fragmentos seriam removidos por macrófagos e a fibra de carbono seria absorvida em pouco tempo, dando origem a um novo ligamento formado por feixes de fibras colágenas orientadas, que substituiria o implante de fibra de carbono. MENDES et al. (1985) não apoiam essas afirmações. No seus trabalhos, as fibras não foram reabsorvidas em 18 meses e permaneceram imutáveis, suscitando reação de corpo estranho no hospedeiro; apesar de cumprirem sua função mecânica, sua morfologia pouco lembrou o tecido original. A deposição concêntrica de colágeno e fibroblastos foi contínua, podendo comprometer a função mecânica do implante a longo prazo.

Alguns pesquisadores tentaram a utilização de próteses de fibra de carbono intra-articularmente. BEJUI et al. (1982), substituiu o ligamento cruzado anterior em joelhos de cães com próteses de fibra de carbono com cobertura de pirocarbono. Após sete meses, os resultados foram analisados. Em todos os casos, os ligamentos artificiais foram afetados, apesar do ótimo comportamento clínico. A colonização tissular das fibras de carbono foi fraca. A maior parte dos joelhos apresentaram lesões cartilaginosas do tipo artrósico, a sinóvia tornou-se local de depósitos de carbono cercados por reação de corpo estranho e o líquido sinovial se encontrava turvo e enegrecido.

JENKINS (1984) em um de seus trabalhos, também estudou o potencial de uso intra-articular das fibras de carbono, ao substituir o ligamento cruzado anterior do joelho de ovinos. O autor assinalou uma taxa de desenvolvimento do novo tecido marcadamente inferior à que ocorre quando a fibra substitui ligamentos extra-articulares, em uma progressão de 8 meses. Assinalou, ainda, uma cobertura inicial do implante por sinóvia.

Já NEUGEBAUER & CLAES (1983), trabalhando com o ligamento cruzado anterior

de ovinos, encontraram a prótese coberta com tecido de granulação alinhado com as fibras de carbono e ainda perceberam a presença de uma fina camada de tecido sinovial 3 meses após o implante. Perceberam, também, em 15 % dos animais, um grau leve de osteoartrite na articulação fêmoropatelar.

No trabalho de DENNY et al. (1980), foram substituídos os ligamentos cruzados de 20 cães. Os autores concluíram que apesar de o retorno da função do membro após a substituição do ligamento cruzado por fibra de carbono seja bem mais lento (6 a 10 semanas), quando comparado com outros materiais como o nylon (4 semanas), notou-se a vantagem de a estabilidade articular ser imediatamente restaurada e mantida, e de as modificações degenerativas serem mínimas (note-se que o único acesso diagnóstico neste trabalho foi o radiológico e os animais não foram sacrificados).

BURRI e sua equipe (1983) descreveram uma técnica para a manutenção extra-articular da prótese de fibra de carbono a partir de sua cobertura por uma faixa de *fascia lata* antes da substituição de ligamentos intra-articulares.

LEMAIRE (1985) concorda e enfatiza que, em qualquer procedimento intra-articular, as fibras de carbono devem ser cuidadosamente envelopadas para se fazerem extra-sinoviais. Isto em função da baixa tolerância da membrana sinovial a qualquer corpo estranho, pois a dispersão das partículas de fibra de carbono podem resultar em uma longa, ou até mesmo permanente hidrartrose.

Cada vez é maior o número de pesquisadores que como LEMAIER, utilizam a fibra de carbono não como substituição de um tendão ou ligamento, mas sim como reforço para outros procedimentos em tendões e ligamentos que podem ser feitos sem o uso de fibras de carbono, aproveitando a extraordinária compatibilidade e a habilidade das fibras de carbono na indução a deposição de tecido colágeno. A utilização da prótese nesse sentido faz com que o grau de sucesso do procedimento seja aumentado.

O autor acima descreveu cirurgias, nas quais utilizou a fibra de carbono como reforço: 592 casos de reforço do ligamento *pes anserinus* em cirurgia reparadora da face medial do joelho, 261 casos de reforço na reconstrução do retináculo patelar medial, 112 reforços de

tendão calcâneo comum - 24 rompimentos e 88 tendinites), 47 patelectomias, 73 tendinites patelares, 52 cirurgias variadas no joelho e 17 outras cirurgias.

Vários pesquisadores trabalharam com a prótese de fibra de carbono no tratamento da tendinite dos tendões flexores em eqüinos. GOODSHIP et al. (1980) propuseram a técnica de implante da prótese de fibras de carbono a céu aberto que é derivada da técnica descrita para transplante de tecido tendinoso autólogo, descrita por FACKELMAN (1973). Tal técnica exige anestesia geral e decúbito lateral. É feita uma incisão medial sobre a pele, ao longo da região metacarpeana posterior. A pele é refletida para revelar o paratendão. Este é incisado em seu comprimento para expor o tendão flexor digital superficial, que é incisado longitudinalmente, sobre seu aspecto palmar, à espessura de 2/3 do tendão total. A este nível a incisão é estendida medialmente e lateralmente para formar um leito em forma de "T" invertido. Após esta etapa, é procedida a deposição da trança de fibras de carbono no leito. A sutura com pontos isolados simples é feita com fio de ácido poliglicólico Nº 0. O paratendão é unido com sutura contínua simples com o mesmo fio. A pele é reparada com uma sutura subcuticular com fio de ácido poliglicólico e com pontos simples interrompidos de nylon monofilamentoso Nº 0 ou Algodão Nº 0. Durante 5 dias, faz-se aplicação de antibióticoterapia acompanhada de antiálgicos. As suturas são removidas com 12 dias de pós operatório.

Outra técnica muito utilizada em tendinite de eqüinos, é a técnica de implante de fibra de carbono à céu fechado, também conhecida como "tunelização". Esta técnica foi idealizada por LESAFFRE (1976) e necessita a utilização de um instrumento especial, que consiste de um trocarte e de uma cânula com diâmetro de 4 mm, e comprimento de 18 a 25 cm, sendo que uma de suas extremidades é forjada de modo a ser comodamente empunhada para a manobra do instrumento, enquanto que a outra muito aguda, facilita a transposição do tendão. Por dentro deste instrumento, será passada a fibra de carbono. LITTLEWOOD (1979) utilizou agulhas paravertebrais de 20 cm de comprimento e 3,5 mm de diâmetro como substituição à este instrumento. Neste caso, o autor precisou inserir a fibra diagonalmente no tendão, pois tornou-se impossível a inserção no eixo longitudinal do tendão em função das protuberâncias

da articulações do joelho e do boleto. VAUGHAN et al. (1985) descreveram uma técnica utilizando grandes agulhas de sutura curvas, inserindo a fibra em vários passos ; MURRAY et al. (1983) fizeram uso de um catéter de polipropileno com resultados similares aos dos outros autores.

Qualquer que seja o instrumento utilizado, a técnica é bastante simples e pode ser feita com o animal em pé, sob sedação e anestesia local; mas prefere-se trabalhar com anestesia geral e decúbito lateral (GRETI et al. 1982). Os membros são preparados para cirurgia asséptica e fixados em extensão; VAN DEN BERG et al. (1987) , LANGLOIS (1980) e GRETI inseriram a agulha ou trocarter na região metacarpeana, no interior do tendão flexor digital superficial, no sentido proximal; enquanto que LITTLEWOOD (1979), fez a inserção no sentido contrário. Após a inserção do aparelho que guiou a fibra de carbono, este é retirado, o excesso de fibra de carbono é cortado e são suturados os pontos de inserção e projeção da fibra. O procedimento leva de 5 a 10 minutos. Também é feita cobertura com antibióticos e antiálgicos durante 5 dias, e manutenção das bandagens durante 10 dias.

Em tendões com lesões extensas, podem ser aplicadas várias próteses, com número menor de fibras - 8.000 a 10.000 fibras por trança, em vários locais, ao invés de uma única trança de fibra de carbono de 30.000 a 40.000 fibras, como é de indicação freqüente. (MURRAY et al. 1983; GOODSHIP et al. 1980).

Sob qualquer uma das técnicas acima descritas, os animais devem ter seu exercício restrito por 2 semanas, sendo que depois devem se submeter a um programa de exercícios leves e progressivos por, no mínimo 3 a 4 meses. (LITTLEWOOD, 1979; VAUGHAN, 1978)

Histologicamente, o resultado de quase todos os experimentos foi bastante satisfatório. Uma vez que nos casos referidos a fibra de carbono não teve qualquer ação sobre a força tênsil do tendão, pois agiu meramente como organizadora de tecido colágeno, permitindo uma deposição de colágeno em arranjo paralelo às fibras tendinosas , sendo que nenhum foco de necrose foi observado, como já foi descrito em ovinos, coelhos , cães e humanos. (LANGLOIS, 1980; GRETI et al. 1982; VAN DER BERG et al. 1987; VAUGHAN et al. 1978, 1979; LITTLEWOOD, 1979; GOODSHIP, 1980)

BERTONE et al.(1990) discorda dos autores acima, assinalando que o equino é muito mais reativo do que as outras espécies não só ao implante de fibra de carbono, ao qual apresentou uma reação granulomatosa por ela considerada exagerada, mas também a vários outros tipos de substâncias. Para tanto exemplifica que o tecido subcutâneo do equino demonstra uma irritação muito maior quando lavado com clorexidine que o tecido do cão, e que os cavalos produzem reações angioblásticas e fibroblásticas proliferativas em maior quantidade e velocidade que os ratos.

Como resultados clínicos com respeito ao tratamento de tendinites agudas ou crônicas nos tendões flexores de equinos, bons resultados mesclam-se com resultados regulares. LITTLEWOOD (1979), implantou a fibra de carbono em 8 Puros-sangues de corrida. Sete destes retornaram ao treinamento e correram pelo menos 1 corrida. VAN DEN BERG e seu grupo (1987) fizeram dois estudos. No primeiro, 35 cavalos Puros-sangues Inglêses e 14 cavalos de diferentes raças receberam próteses de fibra de carbono para tratamento de tendinites. Destes animais, 15 voltaram a correr ou saltar com sucesso, 20 estavam em treinamento sem problemas e 8 animais não retornaram às condições anteriores. No segundo trabalho, em 33 Puros-sangues Inglêses, 42 membros sofreram o implante de fibra de carbono; 8 cavalos venceram novamente, 22 estavam em treinamento sem apresentarem problemas e 3 retornaram à condição clínica anterior.

A equipe de VAUGHAN (1985) aplicou a prótese de fibra de carbono em 34 cavalos, sendo que 29 eram Puros-sangues Inglêses, 2 mestiços 3/4 de sangue inglês, 1 hannoveriano, e 2 hunters. A tendinite foi unilateral em 22 cavalos e bilateral em 12. O resultado foi: 14 cavalos retornaram às corridas, 7 foram usados como cavalos de montaria em provas de salto, 7 como cavalos de montaria para diferentes funções, dois não se recobram e por serem fêmeas foram destinadas à reprodução, e de 4 não se teve notícias. Dos animais que voltaram a correr, 6 sofreram novamente processos de tendinite, sendo que 4 na pata tratada e 2 na pata oposta. Os melhores resultados foram obtidos quando apenas o tendão flexor digital superficial foi atingido e quando as lesões se encontravam na região medial da canela, por fora das bainhas tendinosas. Os piores resultados foram observados quando as lesões se encontravam no

tendão flexor digital profundo e atingiam as bainhas sinoviais do boleto ou joelho.

BRENDIN (1986) foi menos otimista. Apesar de concordar com os efeitos histológicos da fibra de carbono, em seu trabalho, 11 dos 12 Puros-sangues Inglêses operados por ele, apesar de suportarem bem o treinamento, não conseguiram correr mais de uma corrida sem retorno ao quadro inicial. Entretanto, o autor observa que todos os animais por ele operados já haviam sido submetidos à cauterização e uso de irritantes locais antes da cirurgia.

Este autor frisa a observação de que o pós operatório destes animais era extremamente doloroso, com casos em que o animal chegava a ficar mais de 24 horas em decúbito lateral, negando-se a apoiar os membros anteriores no chão. VAUGHAN (1985) também comenta a respeito da dor pós operatória, onde também observou alguns casos similares em sua amostragem.

GRETI (1982) operou 30 casos de tendinites dos mais variados graus, com a maioria dos casos sendo de gravidade moderada para alta. Destes casos, 5 eram bilaterais. Do total de animais, 23 eram de corrida rasa, 3 eram de corrida sobre obstáculos, 1 de corrida de trote e 2 de salto. Foram apresentados resultados de apenas 22 cavalos porque os outros 8 se encontravam em período pós operatório. Foram praticadas 3 cirurgias a céu aberto, 2 cirurgias a céu aberto em uma das patas e "splitting" percutâneo na outra, 13 tunelizações simples e 4 tunelizações em uma pata e "splitting" percutâneo na outra. Dos 22 animais descritos, 16 estavam em atividade por ocasião da publicação; destes animais, 4 animais reapresentaram o problema, isto é, 2 após a terceira corrida, 1 após a quarta corrida e 1 após a quinta corrida. Todos estes animais retornaram ao treinamento após um novo período de descanso. Ainda, 3 animais tiveram problemas outros que não relacionados com os tendões, que os retiraram das corridas, e dois animais não responderam ao tratamento. Dos animais que retornaram ao quadro de tendinite, 2 apresentaram lesões bilaterais (uma pata com lesão leve e a outra com lesão moderada), 2 apresentaram tendinite leve unilateral, 1 tendinite grave e 1 tendinite gravíssima, ambas unilaterais, sendo que este último animal teve que ser sacrificado.

GOODSHIP et al. (1980), obtiveram os seguintes resultados: o número de cavalos operados foi 40 e número de membros que sofreram o implante foi 65. Todos os animais eram

Puros-sangues Inglêses. Não sofreram nenhum tipo de tratamento anterior 27 animais e, destes, 13 ainda estavam em fase de descanso, 7 estavam em fase de treinamento e 7 já haviam corrido pelo menos 1 corrida sem problemas. Deste grupo de 27 animais, 2 apresentaram recorrência. Um segundo grupo de 8 animais sofreu tratamento anterior ao implante com cauterização. Dois animais estavam em treinamento, 2 já haviam corrido pelo menos uma corrida e um havia apresentado tendinite na pata oposta. Um terceiro grupo, (2 animais), foi tratado anteriormente à cirurgia com "splitting" percutâneo. Ambos estão em treinamento. Um último grupo de 3 animais foi tratado antes da intervenção cirúrgica com combinação de cauterização e "splitting" percutâneo, e todos estavam em treinamento. Em 40 casos o número de resultados negativos foi de apenas 4.

A equipe de HUTCHINS, (1981), operou 20 cavalos (2 Puros-sangues Inglêses e 18 de corrida de trote), que apresentaram diferentes graus de tendinite. Destes 20 cavalos, 19 retornaram ao treinamento normal e 9 voltaram às corridas. Destes 9 animais, 3 não apresentaram qualquer tipo de problema, 2 exibiram dor no local da operação após 1-2 competições, e 4 apresentaram problemas não relacionados com os tendões operados. Dos 10 que não retornaram às corridas, 5 não apresentaram qualquer tipo de problema e estão em treinamento, 3 exibiram dor no local da operação, e 2 apresentaram problemas não relacionados com os tendões operados. Um último cavalo ainda não havia voltado ao treinamento.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. PREPARO DA FIBRA DE CARBONO

A trança de fibras de carbono foi confeccionada a partir de uma bobina de fibras de carbono medicinal ¹ confeccionada pelo Laboratório Roneaux Poulhenc , não esterilizadas e sem revestimento , sendo que cada fibra media 10 μm de diâmetro em média. As mechas foram separadas manualmente. A área média da secção transversal das mechas foi calculada utilizando-se simultaneamente dois paquímetros posicionados um em cada eixo de medida, formando um retângulo na secção transversal de onde foram retiradas as medidas para o cálculo daquela área média. Para o cálculo utilizou-se a fórmula de área do retângulo, isto é ,

$$S = \text{Lado maior (L1)} \times \text{Lado menor (L2)}$$

Após a medição de todas as mechas utilizadas nas tranças , obteve-se o valor médio das áreas das secções transversais das mechas somando-se os valores das áreas de cada mecha e dividindo-se o total pelo número de mechas. Este valor médio de área , multiplicado pelo número de mechas utilizadas para a confecção da trança - 3 , levou ao número final relativo à área média da secção transversal da trança (St).

A seguir, foi calculada a área de cada fibra de carbono utilizando-se a fórmula abaixo:

$$S_f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \text{onde } S_f = \text{área de cada fibra}$$

$d = \text{diâmetro médio de cada fibra (10 } \mu\text{m)}$

De posse destes valores, dividindo-se a área média da trança (St) pela área de cada fibra de

¹ Lab. Roneaux Poulhenc - Avenue d'Alasca , 18 - La Defense - Paris 92.097 - France

carbono (Sf), chegamos à um número médio aproximado da quantidade de fibras individuais por trança de fibras de carbono.

$$\frac{St}{Sf} = \text{número aproximado de fibras de carbono por trança}$$

posteriormente
Após sua separação da bobina e medição, cada mecha foi mergulhada em um preparado de gelatina comercial² sem sabor ainda quente e líquido. As extremidades de cada trança foram atadas com fio de sutura Algodão 0³.

Depois do procedimento acima, as tranças foram colocadas sobre uma superfície lisa onde secaram ao ar.

Para a medida da angulação do trançado, procedeu-se da seguinte maneira: algumas tranças que não foram utilizadas para o implante, mas foram feitas sob as mesmas condições das anteriores serviram de padrão nas medições. Tinta guache colorida foi aplicada em uma das faces da trança de fibra de carbono, sendo que tal face foi comprimida contra um papel branco, onde ficou demarcado, pela tinta guache, o padrão de trança das fibras. Após seca a tinta, com o auxílio de transferidor e esquadro, mediu-se a angulação das mechas trançadas.

Posteriormente, as próteses foram levadas até o Laboratório da indústria paranaense de produtos médicos BIO FIL⁴, onde as tranças de fibra de carbono foram esterilizadas em óxido de etileno e embaladas em invólucros individuais do tipo dos utilizados para seringas descartáveis. (Foto 1)

² Gelatina em Folhas Royal (sem sabor) - Produtos alimentícios Fleishmann & Royal LTDA. Av. D. Pedro II, 250 - Rio de Janeiro - RJ

³ Fio de Sutura Algodão 0 - Sutupack - Algodão preto 15 x 45 cm. Ethicon Sutura S.A. - Rod. Presidente Dutra, Km. 157 - São José dos Campos - SP

⁴ BIO FILL - Indústria e Comércio de Produtos Biotecnológicos S.A. - Rua Mateus Leme, 2418 - Curitiba - Pr.

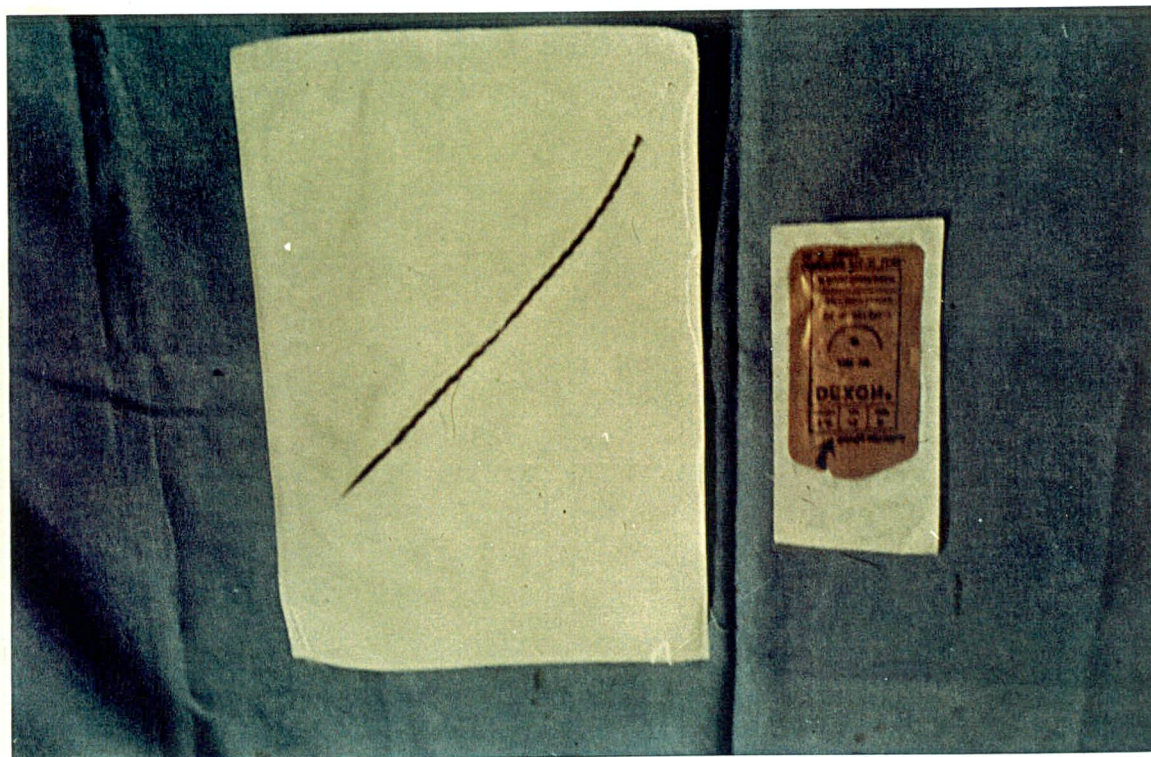


FOTO 1 - Fibra de Carbono trançada e esterilizada em Óxido de Etileno. Cada trança media em média 15 cm . A quantidade de filamentos de carbono em cada trança era de aproximadamente 36.000 filamentos.

3.2. ESCOLHA E PREPARO DOS ANIMAIS

Os animais utilizados no presente trabalho foram adquiridos na região rural próxima a Curitiba, sendo eqüinos sem raça definida. O critério para a escolha baseou-se na idade, peso e sanidade. *baseando-se nos seguintes parâmetros*

Idade média \Rightarrow 5,7 anos variando de 2 anos a 10 anos

Peso médio \Rightarrow 350 kg variando de 280 kg a 420 kg

Membros anteriores \Rightarrow perfeitos em todos os animais

Estado Geral \Rightarrow Eqüinos sem sinais aparentes de doença de qualquer tipo.

Os animais escolhidos foram alojados nas instalações do Hospital Veterinário da Universidade Federal do Paraná. Os animais ficaram alojados em boxes de alvenaria de 4 x 4 m, com cama de serragem. A alimentação, dividida em dois arraçoamentos diários, foi feita com ração peletizada industrial⁵ com nível proteico de 12%, à razão de 5 kg por dia, mais 2 kg de farelo de trigo e capim cortado no cocho à vontade. Quando possível permitiram-se exercícios livres no piquete da Escola de Veterinária.

Ao serem admitidos, os animais foram submetidos aos exames listados abaixo. Após o resultado dos exames, os animais que se encontravam fora do padrão de normalidade não poderiam ser operados. Nestes casos, os animais foram medicados e alimentados até que seus exames estivessem dentro da normalidade.

⁵ Ração Nuvital Tratador - ração para eqüinos. Fabricada por NUVITAL NUTRIENTES LTDA. Estr. da Ribeira, Km.3 , 3001 - Colombo - Pr

3.2.1. EXAME FÍSICO GERAL

O exame físico geral foi procedido no dia do desembarque do animal e repetido durante 7 dias seguidos, sempre ao mesmo horário (9:00 h) para obtenção dos dados clínicos médios normais dos animais que sofreriam a cirurgia. Para tanto, foram confeccionadas fichas individuais com dados gerais (nome, idade, peso, resenha, temperamento) e dados clínicos (temperatura corporal, frequência cardíaca, frequência respiratória, coloração de mucosas), que eram anotados com relação a cada animal após o o exame físico. (Fig .11)

3.2.2. EXAME DE ANEMIA INFECCIOSA EQUINA

Sangue retirado sem anticoagulante, e remessa do soro para Laboratório⁶ credenciado pelo Ministério da Agricultura para proceder o exame de imunodifusão.

3.2.3. EXAME PARASITOLÓGICO DE FEZES

Método de WILLIS MOLLAY de pesquisa de ovos por flutuação. Após o resultado, os animais foram vermifugados com vermífugo oral em pasta⁷ à base de oxibendazole mais metrifonato à dose de 10 mg de oxibendazole e 30mg de metrifonato para cada Kg de peso vivo. Este exame foi repetido 4 dias após a vermifugação de cada animal.

FIGURA 11. - Modelo de Resenha e ficha clínica utilizada para os animais no pré-operatório.

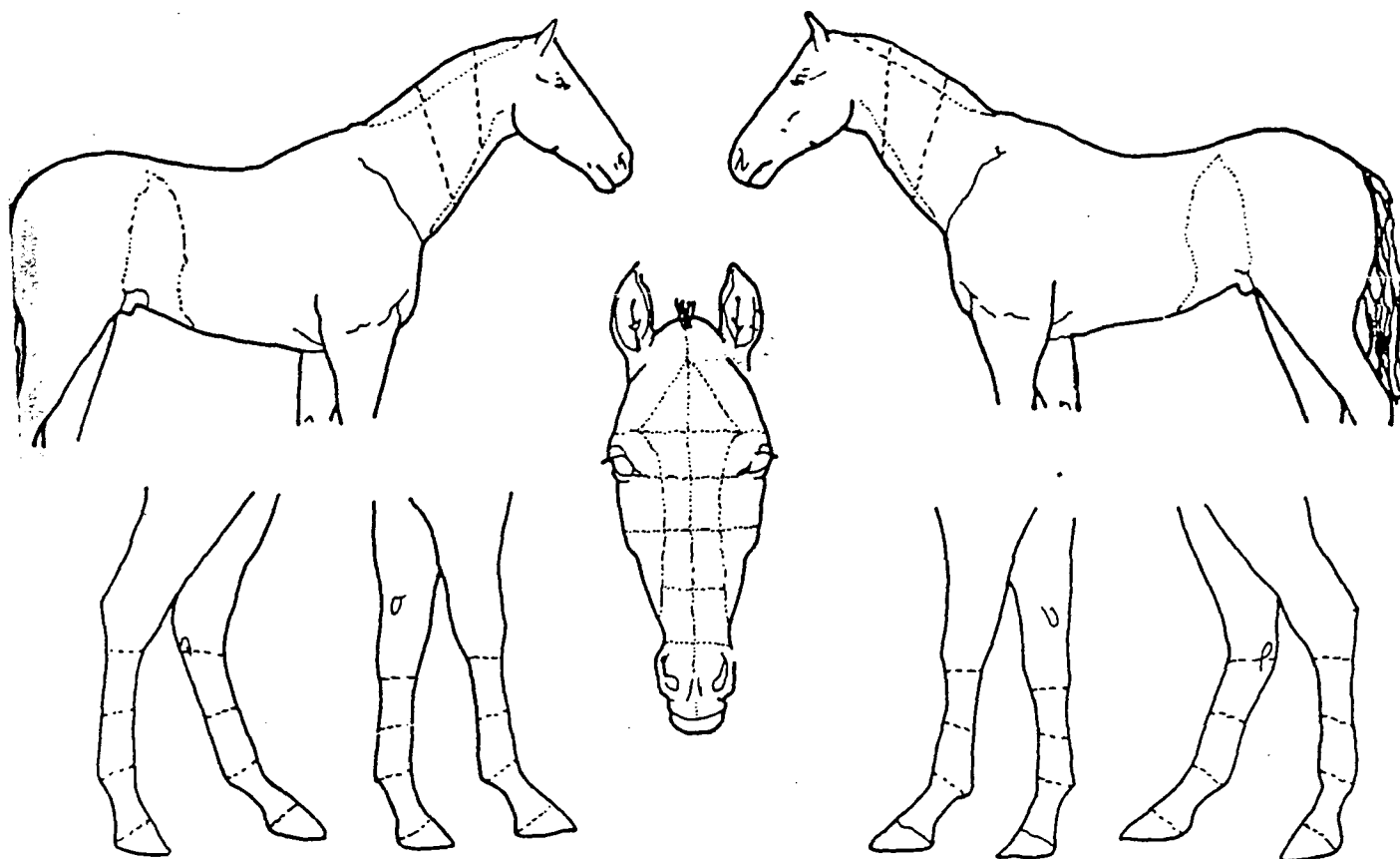
⁶ Centro de Diagnóstico Veterinário BIOEXAME - BR - 116 - Km. 398 Tarumã - Curitiba - Pr.
Credenciado sob no. 0021/88

⁷ Equitac Plus - Smithkline & Cia - Div. de Saúde Animal . Estr. dos Bandeirantes, 2693 - Rio de Janeiro - RJ

EXPERIMENTO - FIBRA DE CARBONO - ADRIANA BUSATO

CAVALO No ____ Nome _____

Sexo ____ Idade ____ Pelagem ____ Temperamento _____



DADOS CLÍNICOS:

Estado Geral _____ Temperatura Retal _____

Freq. Resp. _____ Freq. Cardíaca _____

Col. Mucosas _____

OBSERVAÇÕES:

3.2.4. HEMOGRAMA

O exame foi realizado a partir de amostras de sangue colhidas com anticoagulante EDTA.

Foram procedidos os seguintes exames, utilizando os métodos de rotina na Patologia Clínica:

- Contagem de eritrócitos
- Hemoglobina
- Hematócrito
- V.C.M.
- C.H.C.M.
- Contagem de Leucócitos

Neutrófilos

Linfócitos

Eosinófilos

Monócitos

Basófilos

3.2.5. EXAME DE PROTEÍNA TOTAL

A partir do soro. Método de rotina.

3.3. PRÉ-OPERATÓRIO

Para as operações foram utilizados o Centro Cirúrgico do Hospital Veterinário da Universidade Federal e o do Paraná e do Jockey Club do Paraná.

Foram realizadas duas cirurgias pré-experimentais para treinamento da equipe cirúrgica com animais que não entraram no trabalho. Os 10 animais que fizeram parte do trabalho foram

divididos em 3 grupos de 3 animais cujos dois membros anteriores foram operados, sendo que uma pata sofreu o implante de fibra de carbono, enquanto que a outra serviu de controle, sofrendo exatamente a mesma cirurgia, sem contudo receber o implante de carbono. (Quadro I-M)

A escolha do membro que receberia o implante de fibra de carbono foi feita por sorteio antes da anestesia do animal. Assim, para proceder-se o sorteio do membro, em um recipiente opaco foram colocados dois pedaços de papel com as letras **D** (dir.) e **E** (esq.) escritas em cada um deles, retirando-se um dos papéis para a definição da pata a ser operada. (Quadro I-M)

QUADRO I-M - Animais operados

3 cavalos necropsiados aos **45 dias** de pós operatório.

3 cavalos necropsiados aos **90 dias** de pós operatório.

3 cavalos necropsiados aos **180 dias** de pós operatório.

1 cavalo não abatido; sofreu implante de fibra sem cobertura gelatina.

Biopsia de tendão aos **45 dias** de pós operatório.

TABELA M-I Animais operados, relacionando o número do animal, o sexo, a idade, e a pelagem.

No	Sexo	Idade	Pelagem
1	masc.	5 anos	tordilha
2	masc.	2 anos	castanha
3	masc.	4 anos	alazã
4	masc.	8 anos	rosilha
5	masc.	6 anos	tordilha
6	masc.	10 anos	castanha
7	masc.	7 anos	preta
8	fem.	5 anos	castanha
9	masc.	4 anos	alazã
10	fem.	6 anos	castanha

3.3.1 SEDAÇÃO E ANESTESIA

Os animais foram sedados com administração endovenosa de Acepromazina⁸ à dose de 10 mg/100 kg de peso vivo. Após a sedação, seguiu-se administração endovenosa de solução de Éter Gliceril Guaiacol à razão de 4-5g/50 kg de peso vivo. O barbitúrico⁹ foi misturado a aquela solução à razão de 0,25 g para cada 50 kg de peso vivo. A anestesia foi mantida com Halotano¹⁰, utilizando oxigênio como gás transportador, em concentração corrente terminal de 1-1,1% de halotano em circuito semi-fechado.

⁸ Acepran 1% - Univet S.A. Ind. Veterinária - R. Clímaco Barbosa 700 - São Paulo - SP

⁹ Thionembutal - 1g de tiobarbiturato. Abbot Laboratórios. R. Nova York, 245 - Brooklin São Paulo - SP

¹⁰ Halotano - Hoechst do Brasil - R. Bráulio Gomes, 36 - São Paulo - SP

3.3.2. ANTISSEPSIA E DEPILAÇÃO

Após a sedação, os animais foram levados até uma ducha onde os quatro membros foram lavados e esfregados com sabão de coco até acima das articulações dos joelhos e jarretes, sendo os cascos limpos com rinete, seguindo-se escovação.

A depilação foi procedida com aparelho manual, em alguns casos após a anestesia, formando uma área depilada retangular sobre toda a região metacarpeana posterior dos membros anteriores, sendo delimitada na porção proximal pela região posterior da articulação do carpo, na porção distal pela região posterior da articulação metacarpo-falangeana e nas porções laterais 1 cm à frente do tendão flexor digital profundo.

Com o cavalo sob anestesia geral e em decúbito lateral, os dois membros anteriores foram separados e campos estéreis colocados sobre todo o corpo do animal. Os cascos foram envolvidos com luvas cirúrgicas estéreis, e as áreas depiladas foram desengorduradas e descontaminadas com aplicações alternadas de éter povidine tópico¹¹. Foi procedida a colocação de campos nas das áreas próximas ao local da operação, expondo a área onde se encontrava o tendão flexor digital superficial de cada uma das patas.

3.4. ATO OPERATÓRIO

A técnica cirúrgica empregada foi similar à de transplante de tecido tendinoso autólogo, descrita por FACKELMAN e AMMANN em 1972 e posteriormente modificada para o implante de fibra de carbono em tendões por GOODSHIP . (1980)

Uma incisão medial foi feita longitudinalmente sobre o aspecto caudal do tendão flexor digital superficial . (Fig. 11) A pele sofreu dissecação romba para revelar o paratendão. Este foi também incisado medialmente, expondo o tendão flexor digital superficial. (Fig. 12) A hemostasia do tecido peritendinoso , quando necessária, foi feita por ligaduras ou pinças hemostáticas.

¹¹ Povidine Tópico - Johnson Divisão Hospitalar - Via 8, 505 - Jacarepaguá - RJ.

A incisão sobre o tendão flexor digital superficial foi feita paralelamente às suas fibras, num plano sagital, medindo 13 cm de comprimento. A profundidade da incisão foi de 2/3 da espessura total do tendão. (Fig 13)

O implante foi colocado diretamente no fundo da incisão no tendão, sem a criação de um leito especial para sua colocação.

O implante foi colocado no leito com a utilização de instrumental cirúrgico de pontas rombas, com todo o cuidado para que o tecido tendíneo fosse manipulado o menos possível e para que as fibras de carbono não se fragmentassem. (Fig. 14)

O ramo de comunicação do nervo digital palmar medial para o nervo digital palmar lateral foi preservado onde possível.

A incisão no tendão foi suturada com pontos simples interrompidos, utilizando-se fio de ácido poliglicólico¹² No 0. Cada ponto foi posicionado em ângulo de 45° com a linha de incisão, para que as fibras colágenas não se rompessem com a pressão do fio de sutura. Assim, o implante foi completamente sepultado no tendão e em momento algum o fio de sutura transfixou o implante. As pontas que sobraram da trança de fibras de carbono foram cortadas rentes à linha de sutura. (Fig. 15) O paratendão e a pele foram suturados juntos, com pontos isolados simples, com fio de Algodão² 0. (Fig. 16)

O membro contralateral (controle), sofreu exatamente a mesma cirurgia, mas sem a implantação da trança de fibras de carbono.

Ao fim do ato cirúrgico, sobre as feridas cirúrgicas de ambas as patas foi aplicada gaze na qual foi depositado o conteúdo de um frasco de antibiótico¹³ à base de penicilina e estreptomicina, misturado a Mercúrio Cromo. A seguir foram feitos pensos com uma camada grossa de algodão hidrófilo e três ataduras consecutivas de gaze de 10 cm de largura, fixadas com esparadrapo. (Fig. 17) Os animais que seriam sacrificados aos 90 e 180 dias foram vermifugados aos 45 dias de pós-operatório com antihelmíntico¹⁴ à base de

¹² Dexon 0 - Sutura de ácido poliglicólico, 70 cm., sintética, absorvível, estéril, trançada. Cynamid Química do Brasil LTDA. - Rod. Presidente Dutra, Km. 137,5 - Resende - RJ.

¹³ Agrovit 5.000.000 - 2g de Sulfato de Estreptomicina, 3.750.000 UI de Penicilina G Procaína, 1.250.000 UI de Penicilina G Potássica. Squibb Indústria Química S.A.

¹⁴ Panacur pasta - cada 1 g contém febendazole 0,188 g, excipiente q.s.p. 1,0 g. Químio Prod. Químicos Com. e Ind. S.A. - R. Rocha 155- Rio de Janeiro - RJ

febendazole, à dose de 7,5 mg de febendazole por kg de peso vivo. Os animais que seriam sacrificados aos 180 dias tiveram ainda uma vermifugação aos 90 dias de pós-operatório com antihelmíntico¹⁵

à base de ivermectin , à dose de 3,74 mg por kg de peso vivo, e uma última vermifugação aos 135 dias de pós-operatório novamente com antihelmíntico à base de febendazole.

3. 4.1. BIOPSIA (CAVALO No 10)

Em um décimo animal foi testada a utilização da fibra de carbono sem revestimento de gelatina. Este animal foi operado em estação, com tranquilização à base de Cloridrato de Detomidina¹⁶ , via endovenosa, na dose de 0,1 µg para cada kg de peso vivo. Uma vez procedida a depilação e limpeza , foi feito o bloqueio anestésico alto dos nervos palmares lateral e medial com infiltração de anestésico local¹⁷ à base de Cloridrato de Lidocaína. A agulha foi inserida no sulco entre o ligamento suspensório e o tendão flexor digital profundo no quarto proximal do metacarpo. Os nervos foram bloqueados individualmente, com acessos medial e lateral. Seguiu-se injeção do mesmo anestésico local na pele da região onde seria implantada a mecha de fibras de carbono não trançadas, ou seja, no centro da região metacarpeana, sobre o tendão flexor digital superficial.

Foi feita uma incisão de pele de aproximadamente 4 cm, seguida de incisão do paratendão e do tendão flexor digital superficial, onde, com o auxílio de uma pinça sem dentes, foi depositada a mecha de fibras de carbono . A sutura e curativo seguiram a técnica já utilizada nas cirurgias anteriores.

Quarenta e cinco dias depois, o animal sofreu a mesma sedação e anestesia local para que após a incisão de pele, com o auxílio de um "punch" de biopsia fossem retiradas amostras do local onde foram implantadas as fibras de carbono sem revestimento de gelatina. A sutura e

¹⁵ **Eqvalan pasta** - Ivermectin MSD 1,87 g; excipiente q.s.p. 100g - Merck Sharp & Dohme - Av. Brigadeiro Faria Lima 1815, São Paulo - SP

¹⁶ **Domosedan** - Cloridrato de Detomidina 10 mg. - CIBA-GEIGY Química S.A. Av. Vicente Rao, 120 - São Paulo - SP

¹⁷ **Lidocaína** - Solução de Cloridrato de Lidocaína a 2% - Apsen do Brasil Ind. Quím. e Farm. Ltda. R. La Paz, 37 - São Paulo - SP

os curativos foram feitos como nas cirurgias anteriores.

FIGURA 11 - Incisão medial feita longitudinalmente sobre o aspecto caudal do tendão flexor digital superficial.

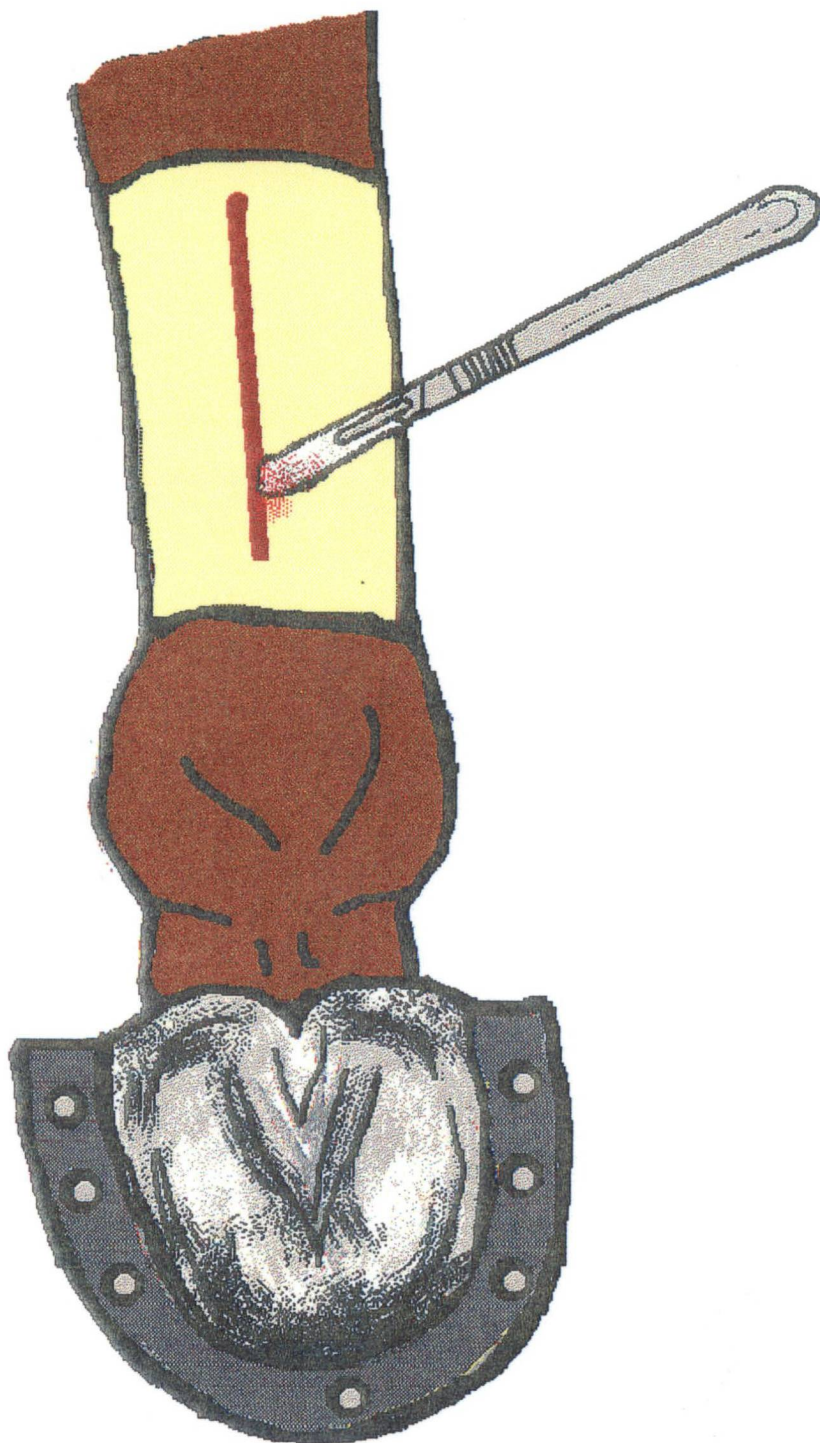


FIGURA 12 - O tendão flexor digital superficial revelado por dissecção do tecido subcutâneo e paratendão.

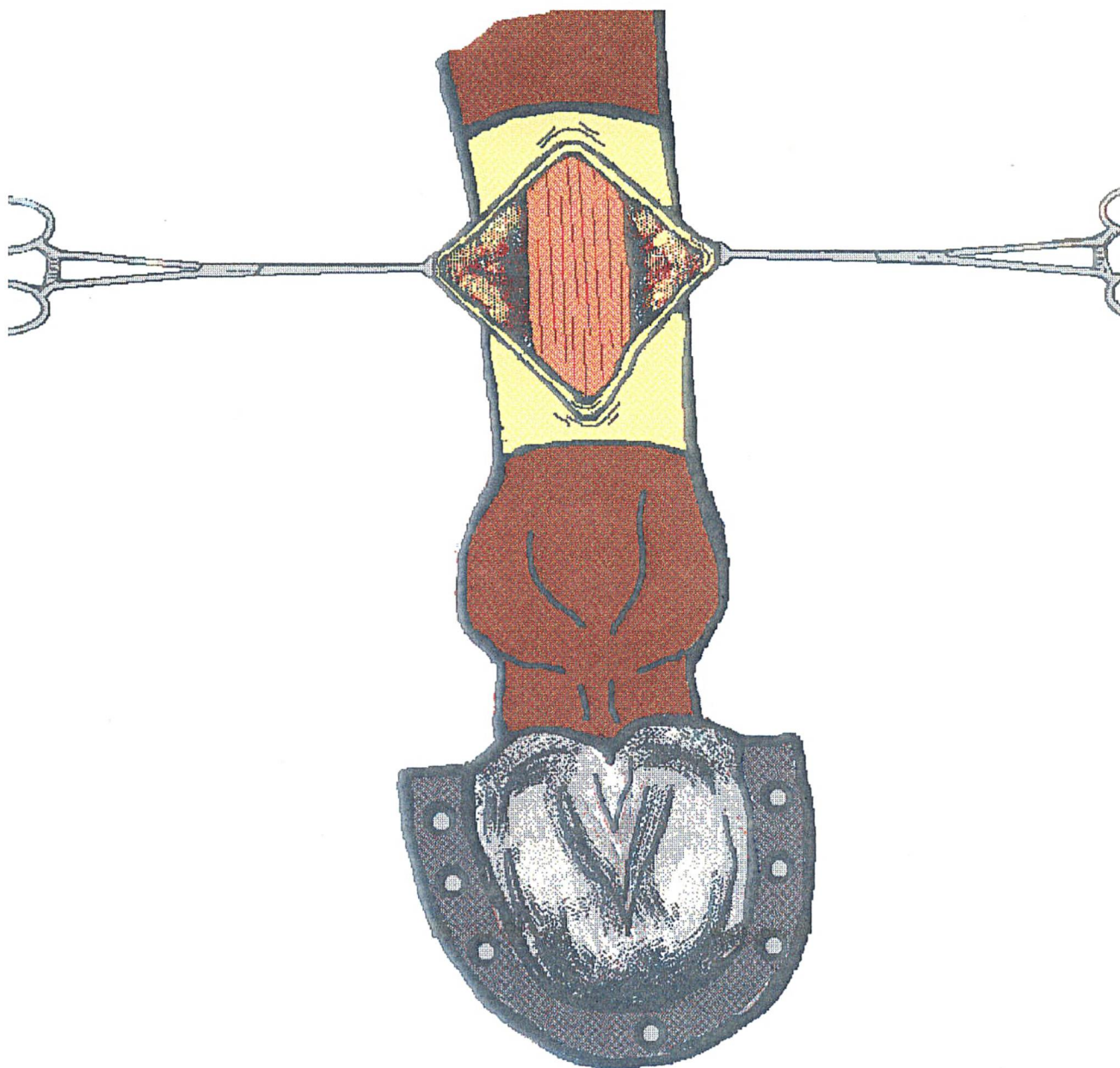


FIGURA 13 - Incisão do tendão flexor digital superficial paralela às suas fibras, medindo 13 cm de comprimento. A profundidade da incisão é de 2/3 da espessura total do tendão.

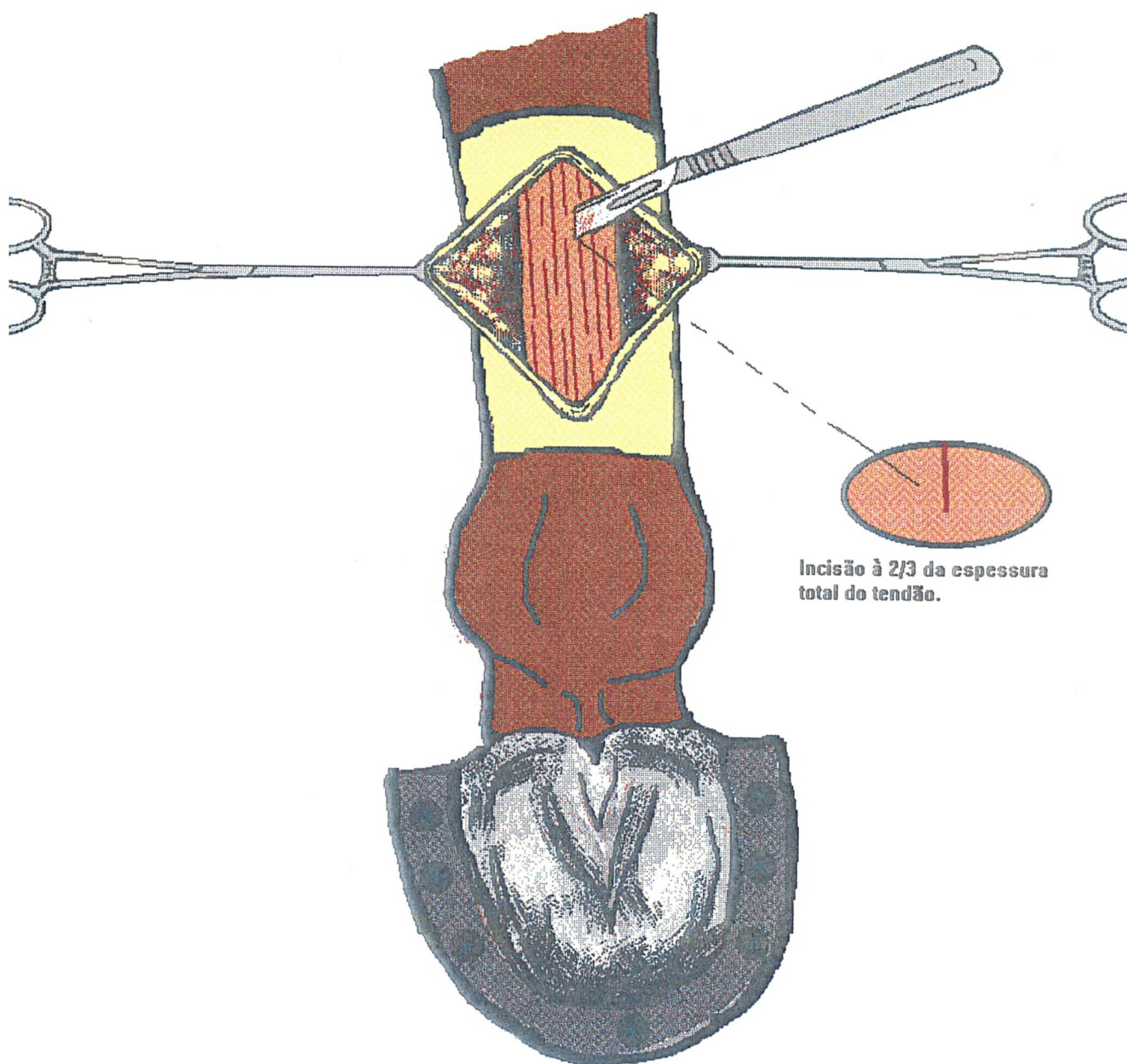


FIGURA 14 - Deposição do Implante de fibras de carbono na incisão. *2.10*

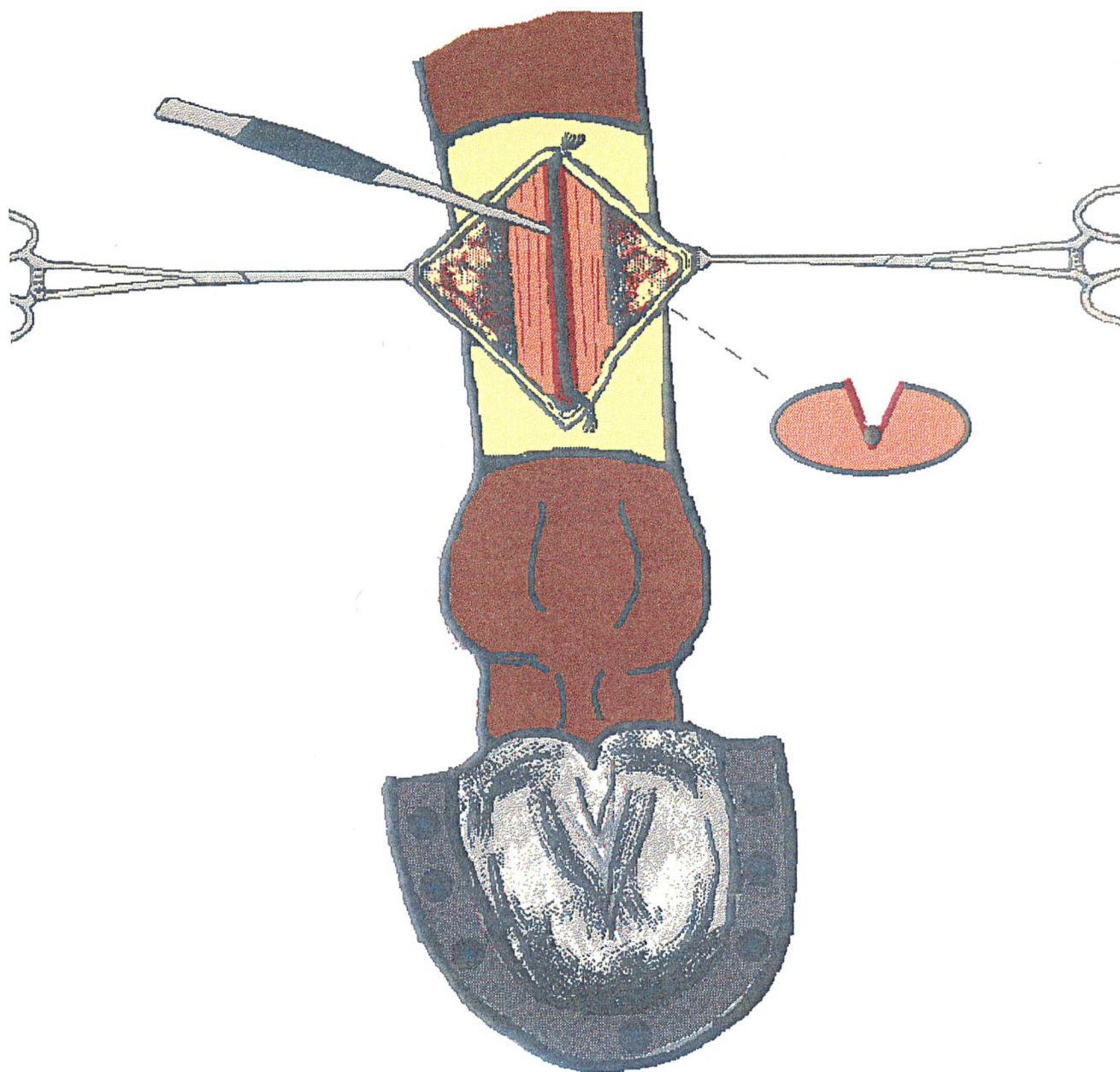
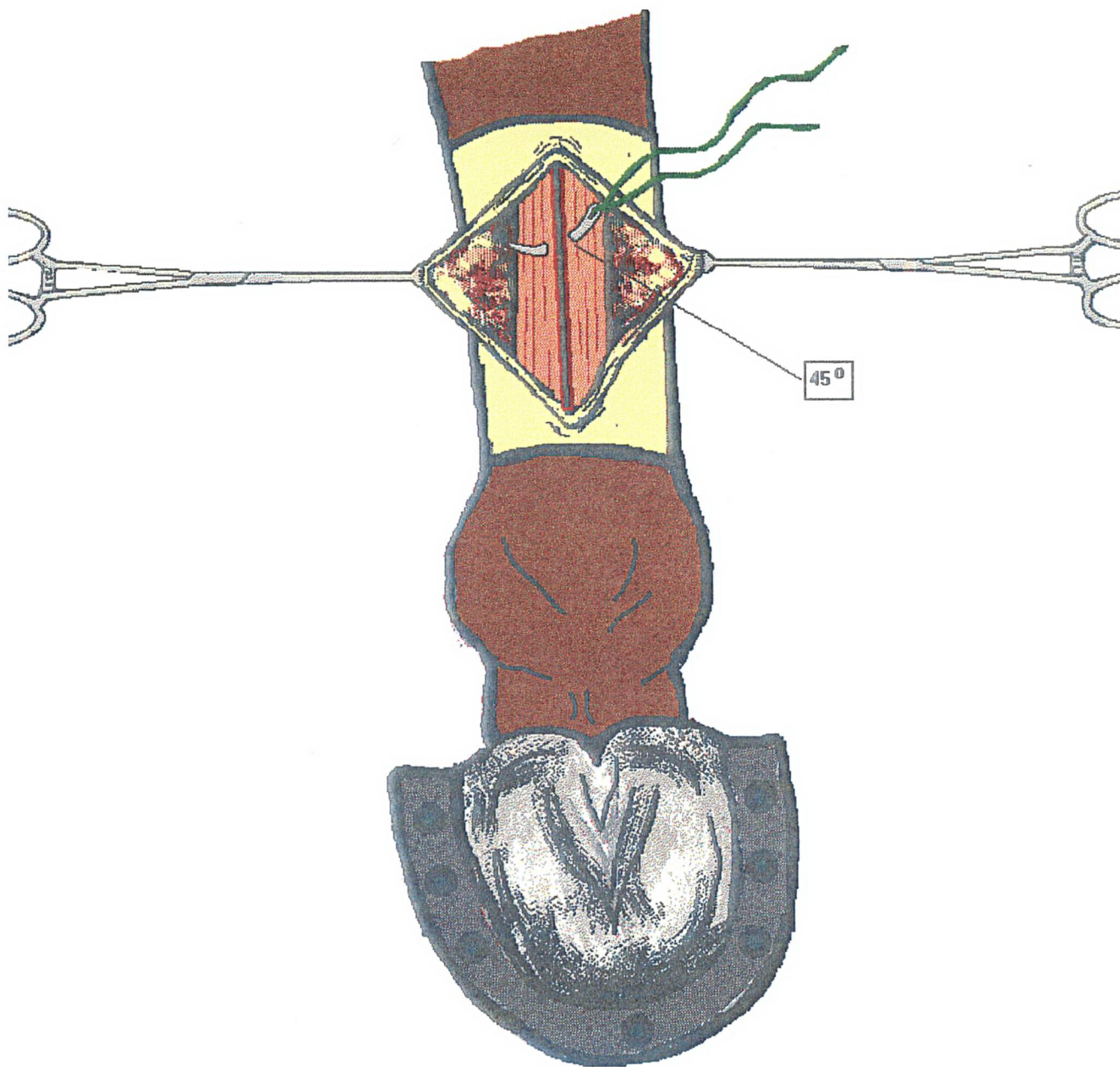


FIGURA 15 - Sutura com pontos isolados simples, sem transfixar o implante. O ângulo da sutura deve ser de 45° em relação às fibras tendinosas.



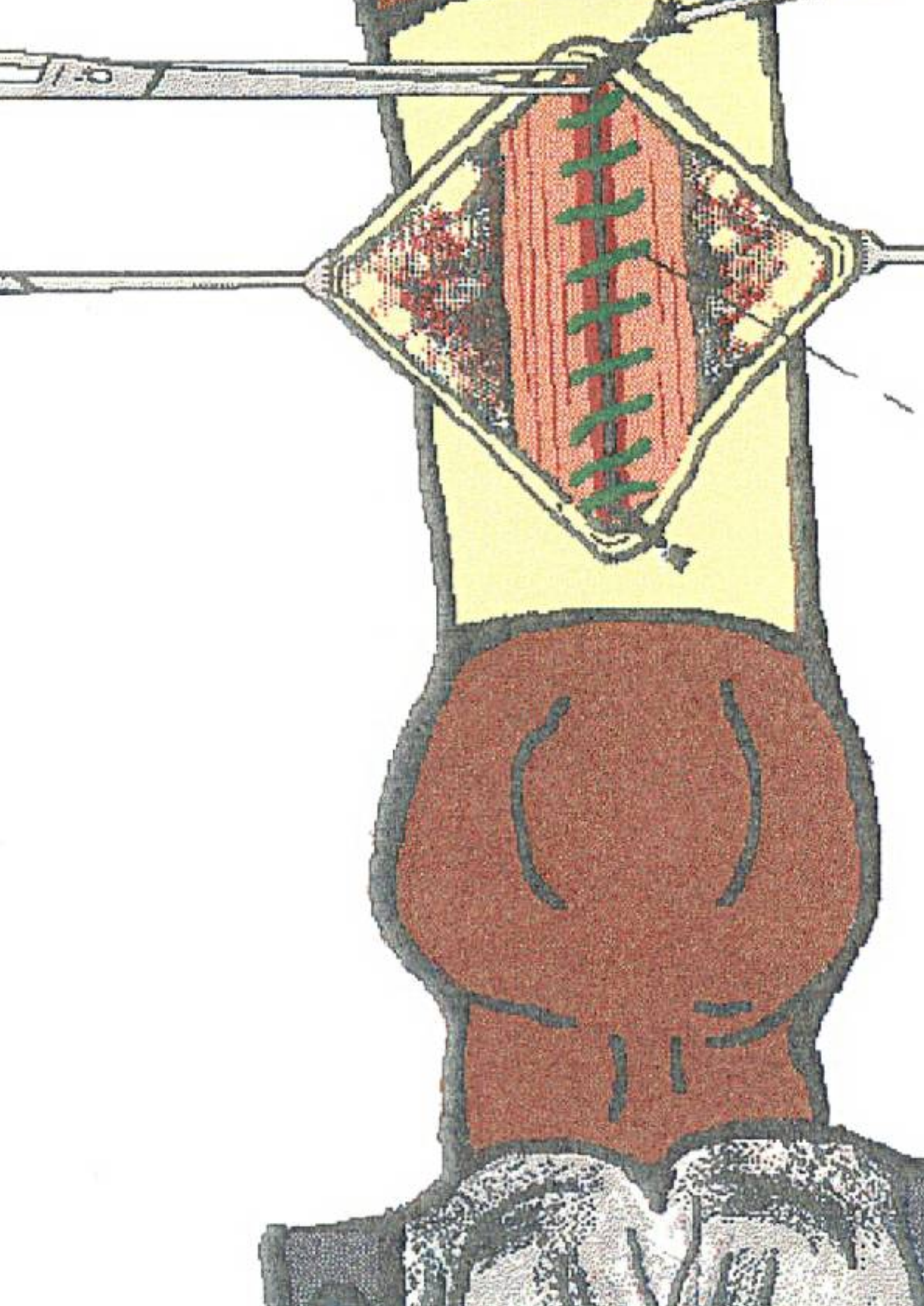
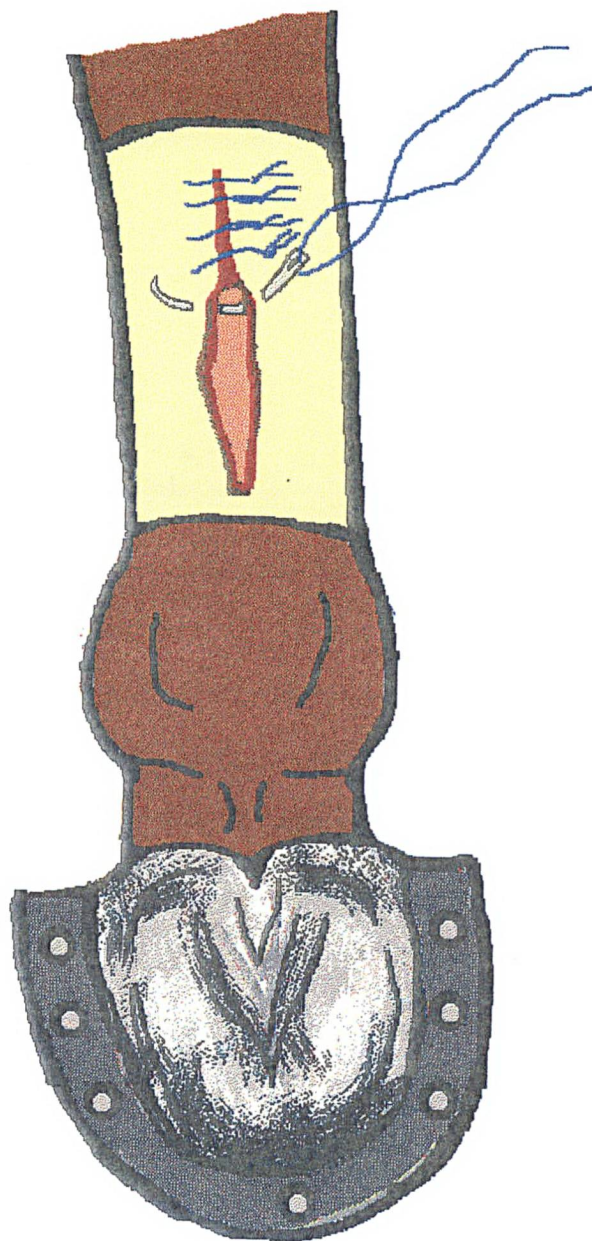


FIGURA 17 - O paratendão , o tecido subcutâneo e a pele são suturados juntos com pontos isolados simples.



3.5. PÓS-OPERATÓRIO

Foi instituída antibioticoterapia¹³ com produto composto de 2 g de Sulfato de Estreptomicina , 3.750.000 UI de Penicilina G Procaína, 1.250.000 UI de Penicilina G Potássica, com aplicação intramuscular, de 12 em 12 horas e medicação antiálgica-antiinflamatória com produto¹⁸ a base de fenilbutazina sódica e lidocaína em aplicação endovenosa de 5 ampolas de 12 em 12 horas.

A primeira troca de pensos se deu aos dez dias de pós operatório, quando não houvesse indicação para sua troca antecipada; e naquela ocasião retiram-se os pontos da sutura cutânea. Os animais foram mantidos com bandagens protetoras até os trinta dias de pós-operatório.

Um exercício leve foi feito com os animais, consistindo de 10 minutos de caminhada ao passo, a partir dos 10 dias de pós- operatório. Houve um aumento gradual do exercício até a quarta semana, a partir da qual, quando possível, os animais eram soltos no piquete para exercício livre. Os animais para a avaliação de 45 e 90 dias permaneceram no recinto do Hospital Veterinário até serem mortos e necropsiados, enquanto que os animais que seriam para o estudo de 180 dias de evolução foram levados para um haras na região metropolitana de Curitiba, onde ficaram soltos em piquetes. Todas as manobras foram registradas apropriadamente (fotografia e "video-tape"). Foram efetuados registros de todos os animais por ocasião da retirada dos pontos, seguido de novo registro 20 dias mais tarde e também na data do sacrifício . Os animais que foram sacrificados aos 180 dias ainda foram registrados aos 45 e 90 dias de pós-operatório.

3.6. NECROPSIA

Os animais foram mortos por infusão endovenosa rápida de solução supersaturada de

¹⁸ Butazolidina Geigy - Fenilbutazona Sódica 600 mg e Lidocaína 30 mg - CIBA - GEIGY - Av. Vicente Rao, 120, São Paulo - SP

Sulfato de Magnésio, e a seguir, necropsiados. Com o animal sobre seu lado esquerdo, após a evisceração e desmembramento, foram retirados fragmentos do baço e do fígado, e da região metacarpeana dos membros anteriores, o conjunto dos tendões flexores digitais superficial e profundo e os linfonodos axilares direito e esquerdo.

Os fragmentos dos órgãos, os linfonodos e os tendões colhidos foram avaliados macroscopicamente e registrados; os tendões e linfonodos foram comparados entre si e medidos. As observações foram anotadas nas fichas de cada um dos animais.

Todos os fragmentos foram fixados em formalina a 10 %. Os tendões flexores digitais superficial e profundo foram dissecados do paratendão e fixados juntos e inteiros. Para tanto, injetou-se solução de formalina a 10 % na parte central da peça que foi colocada suspensa por um fio dentro de um grande recipiente com formalina a 10 %, para que fosse fixada em posição anatômica. (fig. 18) A biopsia de tendão do animal número 10 foi colocada diretamente em formalina a 10% no momento em que foi colhida.

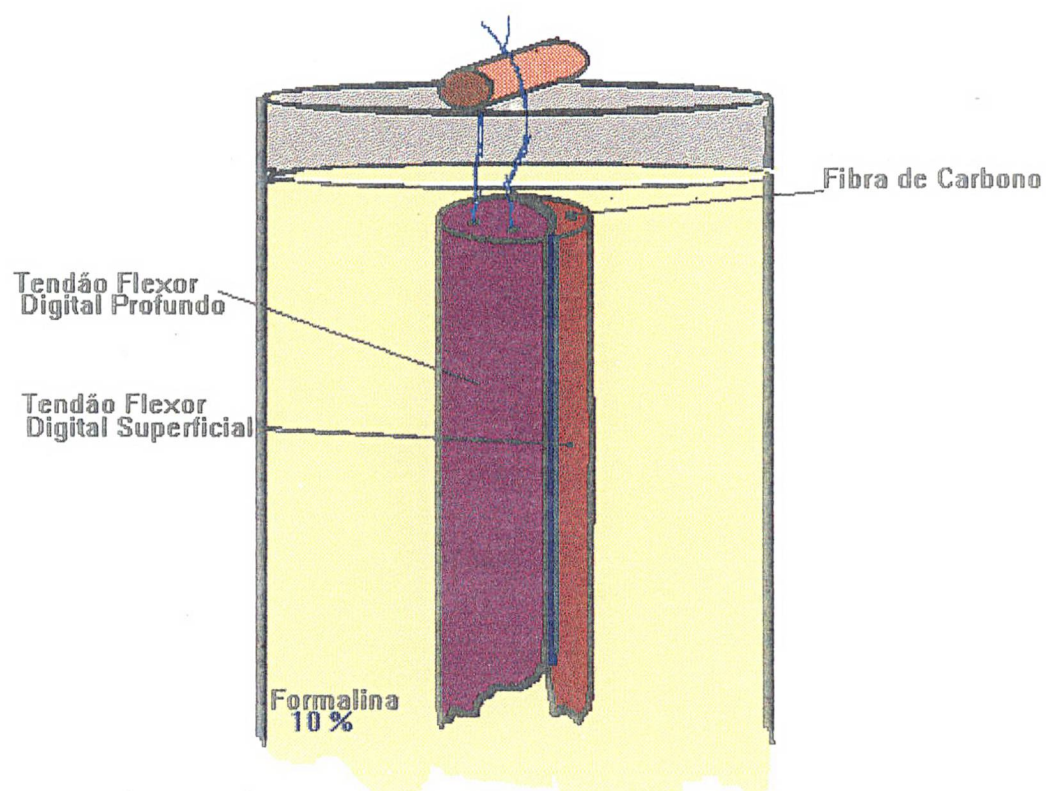
3.7. PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

Após fixados, os fragmentos foram cortados em tamanho que permitisse sua posterior inclusão em blocos de parafina. No caso dos tendões, foi tentada sempre que possível a obtenção de fragmentos da mesma localização anatômica para melhor comparação. O local de escolha foi a região central do tendão flexor digital superficial, que media de 6 a 7 cm a partir da extremidade da ferida cirúrgica para o centro. Com relação à biopsia de tendão do cavalo número 10, os fragmentos de tecido tendíneo já se encontravam no tamanho ideal.

As amostras foram identificadas e incluídas em parafina histológica, seccionadas em micrótomo e as secções obtidas coradas. A espessura das secções está representada na tabela M-II. Para facilitar a secção dos fragmentos de tendão, os blocos de parafina com este material ficaram em hidratação por 24 h, enquanto que os demais tecidos passaram por apenas 12 h de hidratação. Para cada animal foi feito um bloco com cortes de baço e fígado, um bloco com ambos os linfonodos, um bloco com um corte longitudinal do tendão para cada pata e um

bloco com um corte transversal do tendão também para cada pata, perfazendo o total de seis blocos por cavalo.

FIGURA 18 - Tendões flexores digitais superficial e profundo retirados e fixados suspensos em formalina à 10%.



Tendões Fixados em Formalina 10%

TABELA M-II Espessura dos cortes histológicos empregadas nas amostras colhidas.

Tipo de Tecido	Espessura da secção (μm)
Linfonodos	4
Baço	4
Fígado	4
Tendões	6

3.8. COLORAÇÕES

Para cada coloração foi feito um jogo de lâminas específico para o tecido a ser corado, conforme o Quadro II-M

QUADRO II-M - Técnicas de coloração empregadas nas amostras colhidas.

HEMATOXILINA-EOSINA	coloração básica	todas as amostras
MALLORY	coloração para colágeno	somente os tendões
GRAM	coloração para células inflamatórias	todas as amostras
AZUL DA PRÚSSIA	coloração para destacar o elemento Fe	linfonodos, baço e fígado

Foram coradas 8 lâminas com HE, 4 lâminas com Mallory, 8 lâminas com Gram e 2 lâminas com azul da Prússia, por cavalo, perfazendo um total de 198 lâminas que somadas às 6 lâminas da biopsia do animal número 10, totalizaram 204 lâminas.

4. RESULTADOS

4.1. PREPARO DA FIBRA DE CARBONO

A partir dos métodos de cálculo descritos em MATERIAIS E MÉTODOS, foram obtidos os seguintes resultados com relação à área média da secção transversal das mechas de fibra de carbono (**Sm**) utilizadas para a confecção das tranças, à área média das tranças de fibra de carbono (**St**), à área de cada fibra de carbono individual (**Sf**) e número médio aproximado da quantidade de fibras individuais de carbono por trança:

Área média da secção transversal das mechas = (**Sm**) $0,942 \text{ mm}^2$ (42 mechas medidas - valor

médio) Área média da secção transversal das tranças = (**St**) $0,942 \times 3 = 2,827 \text{ mm}^2$

Área da fibra de carbono individual = (**Sf**) $7,854.10 \text{ mm}^2$

Número aproximado de fibras de carbono por trança = 36.000 fibras individuais

Após os procedimentos citados para o cálculo do ângulo do trançado, os valores encontrados foram de 40° à 42° .

4.2. PRÉ -OPERATÓRIO

Exames para padronização do estado físico e clínico dos animais antes destes serem submetido ao ato cirúrgico.

4.2.1. EXAME FÍSICO GERAL

Os resultados do exame físico geral estão representados na tabela R-I .

TABELA R-I Dados referentes à temperatura retal, às frequências respiratória e cardíaca, coloração das mucosas aparentes, temperamento e estado físico geral os equinos utilizados no trabalho.

Nº	TEMPERATURA °C	FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA mov/min	FREQUÊNCIA CARDÍACA bat/min	MUCOSAS	TEMPERAMENTO	ESTADO GERAL
1	37.6	12	41	róseas	nervoso	bom
2	37.8	13	46	pálidas	nervoso	magro
3	37.4	14	38	róseas	atento	bom
4	37.6	12	34	pálidas	atento	bom
5	37.6	13	35	pálidas	tranquilo	magro
6	37.7	14	40	róseas	tranquilo	magro
7	37.5	13	37	róseas	atento	magro
8	37.8	14	38	róseas	tranquilo	magro
9	38,0	12	32	pálidas	atento	muito magro
10	37.5	14	42	róseas	nervoso	bom

4.2.2. EXAME DE ANEMIA INFECCIOSA EQUINA (TESTE DE COGGINS)

Todos os animais resultaram negativos para o teste de Anemia Infecciosa Equina.

4.2.3. EXAME PARASITOLÓGICO DAS FEZES

Todos os animais apresentaram ovos de endoparasitas nas fezes. Foram encontrados ovos de strongilídeos, strongilóides e ascarídeos. Os graus de infestação são representados na tabela R- II.

Após o tratamento com antihelmíntico, o exame foi repetido, e nenhum dos animais apresentou nível de infecção maior do que a presença de raros ovos por lâmina ,

caracterizando um grau de infecção leve (+).

TABELA R-II - Resultados dos Exames Parasitológicos das fezes dos animais utilizados no experimento.

No	GRAU DE INFECÇÃO	PARASITA
1	++	estrongilídeo
2	+++	estrongilídeos e parascaris
3	++	estrongilídeo
4	++	estrongilídeo
5	++++	estrongilídeos e estrongilídeos
6	+++	estrongilídeo e estrongilídeos
7	++	estrongilídeo
8	+	estrongilídeo
9	+++	estrongilídeo
10	++	estrongilídeo

Legenda:

+ -> Infecção Leve (1 a 5 ovos por lâmina)
 ++ -> Infecção Moderada (5 a 10 ovos por campo)
 +++ -> Infecção Moderada a Severa (10 a 15 ovos por campo)
 ++++ -> Infecção Severa (mais de 15 ovos por campo)

4.2.4. HEMOGRAMA E PROTEÍNA TOTAL

Os resultados dos exames hematológicos no dia seguinte ao desembarque dos animais na U.F.Pr encontram-se na tabela R- III. Os animais 2, 5, 6 e 9 encontravam-se em pior estado geral, e com valores hematológicos abaixo da média. Após vermifugação e 30 dias da alimentação padronizada para os animais do experimento, novo exame hematológico foi procedido naqueles animais (Tabela R-IV).

4.3. PRÉ-OPERATÓRIO IMEDIATO

Os animais foram sedados e logo após, anestesiados. Os animais Nos 1, 2, 7 e 9 foram depilados na mesa cirúrgica, sob anestesia geral. Os restantes foram depilados em estação, sob sedação. O tempo de anestesia foi de 1 hora em média .

4.4. ATO OPERATÓRIO E PÓS-OPERATÓRIO IMEDIATO

O ato operatório transcorreu conforme os treinamentos procedidos em animais pré-experimentais, seguindo à risca a técnica cirúrgica descrita em MATERIAIS E MÉTODOS. (Fotos 2, 3, 4 e 5) Todas as operações correram sem incidentes ou alterações mencionáveis. O tempo médio para a realização do ato operatório nos nove animais que sofreram anestesia geral foi de 40 minutos.

Após a sutura de pele e a aplicação dos pensos, os animais permaneceram em decúbito lateral por aproximadamente mais uma hora, após o que levantaram apoiando-se em ambos os membros anteriores e, acompanhados, caminharam normalmente para as suas baias, onde permaneceram em estação, alimentando-se de feno de alfafa.

TABELA R-III - Dados referentes aos exames hematológicos pré-operatórios de todos os animais do experimento.

VALORES DO HEMOGRAMA	CAVALO (Número)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eritrócitos / mm ³	10.200.000	6.800.000	7.800.000	8.200.000	5.200.000	6.900.000	8.400.000	9.100.000	5.180.000	8.800.000
Hemoglobina g/dl	12,5	10,5	11,0	11,5	9,5	10,5	11,5	12,0	9,0	11,5
Hematócrito %	40,0	32,0	39,0	39,0	30,0	34,0	39,0	40,0	29,0	38,0
VGM μ 3	44,8	43,9	44,5	44,7	43,8	43,8	44,6	44,7	43,0	44,8
CHGM %	32,8	31,6	32,0	32,4	30,7	31,5	31,9	32,9	30,6	32,2
Leucócitos /mm ³	'10.900	'11.200	'10.000	'10.600	'13.400	'11.000	'10.900	'9.800	'14.600	'10.600
Neutrófilos %	48,0	52,0	49,0	49,0	59,0	55,0	51,0	49,0	62,0	50,0
Eosinófilos %	2,0	3,0	2,0	2,0	7,0	3,0	2,0	2,0	8,0	2,0
Linfócitos %	47,0	50,0	48,0	46,0	52,0	48,0	47,0	48,0	54,0	46,0
Basófilos %	'0	'0	'0	'0	1,0	'0	'0	'0	'0	'0
Monócitos %	3,0	2,0	2,0	1,0	4,0	3,0	2,0	2,0	8,0	2,0
Proteína Total g/dl	8,6	7,3	8,1	8,3	5,1	5,9	7,1	8,6	5,0	7,9

TABELA R-IV - Dados referentes aos exames hematológicos dos animais Números 2, 5, 6 e

9. Exames procedidos após tratamento.

VALORES DO HEMOGRAMA	CAVALO (Número)			
	2	5	6	9
Eritrócitos / mm ³	8.100.000	7.100.000	8.200.000	7.000.000
Hemoglobina g/dl	11,0	10,5	10,5	11,0
Hematócrito %	40,0	37,0	39,0	34,0
VGM u ³	44,3	44,1	42	43,9
CHGM %	32,3	32,0	32,4	31,8
Leucócitos /mm ³	11,0	10,8	10,6	11,2
Neutrófilos %	48,0	50,0	49,0	52,0
Eosinófilos %	2,0	2,0	1,0	2,0
Linfócitos %	47,0	49,0	48,0	52,0
Basófilos %	0	0	0	0
Monócitos %	1,0	2,0	2,0	2,0
Proteína Total g/dl	8,1	7,9	8,2	7,6

Na tabela R-V, estão descritos os animais que foram operados, o membro anterior que sofreu o implante, as datas da cirurgia e necropsia e o local onde os cavalos foram operados.

TABELA R-V - Cavalos operados : membros anteriores que sofreram as intervenções cirúrgicas com implante de fibra de carbono (F.C.*), datas da cirurgia , necropsia e local onde as operações foram realizadas : Hospital Veterinário da U. F. Pr. (HV) e Hospital Veterinário do Jockey Club do Paraná (HJC).

No	MEMBRO ANT. QUE SOFREU IMPLANTE DE F.C*	DATA OPERAÇÃO	DATA NECROPSIA	LOCAL CIRURGIA
1	esquerdo	17/09/89	06/12/89	HV
2	direito	05/12/89	13/06/90	HV
3	esquerdo	07/11/90	25/05/91	HJC
4	esquerdo	22/11/90	29/05/91	HJC
5	esquerdo	07/03/91	13/06/91	HV
6	esquerdo	06/03/91	18/06/91	HV
7	esquerdo	25/04/91	19/06/91	HV
8	esquerdo	30/04/91	25/6/91	HV
9	direito	28/05/91	16/7/91	HJC
10	esquerdo	05/08/92	/	HV

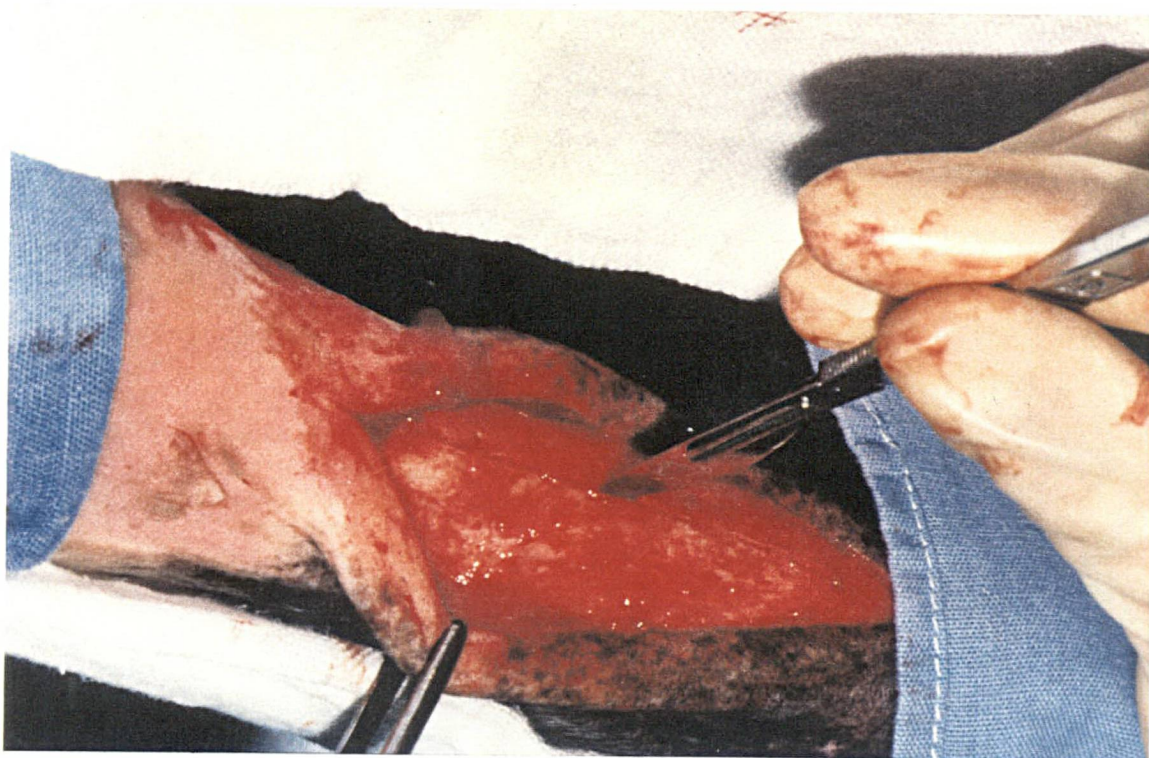


FOTO 2 - Incisão do tendão flexor digital superficial.



FOTO 3 - Deposição da trança de filamentos de carbono no interior do leito criado pela incisão.

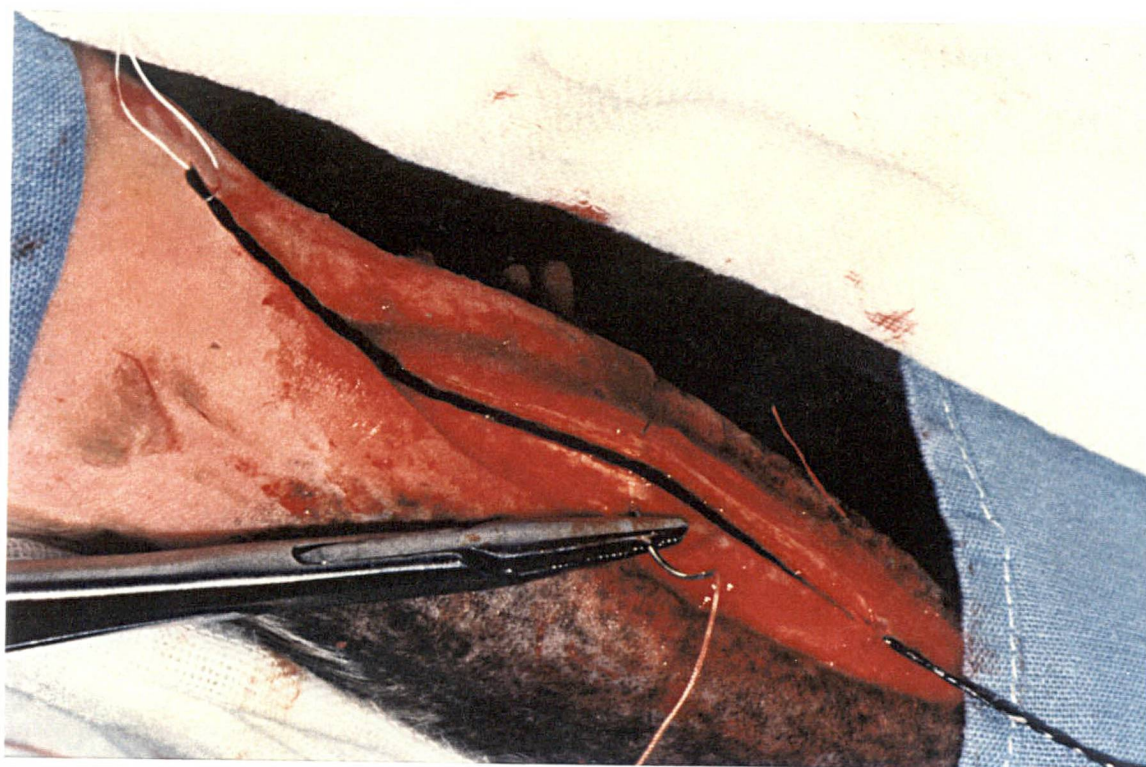


FOTO 4 - Sutura do tendão flexor digital superficial já com a prótese de fibra de carbono.



FOTO 5 - Sutura da pele finalizada

4.5. PÓS-OPERATÓRIO

4.5.1. OBSERVAÇÕES CLÍNICAS:

No Gráfico R-I, estão representados todos os animais do experimento separadamente, relacionando o grau de algesia pós-operatória com os dias de pós-operatório. O gráfico R-II representa o grau de algesia médio apresentado por todos os animais do experimento.

GRÁFICO R-I - Todos os animais do experimento relacionando o grau de algesia pós-operatória e o tempo de pós-operatório.

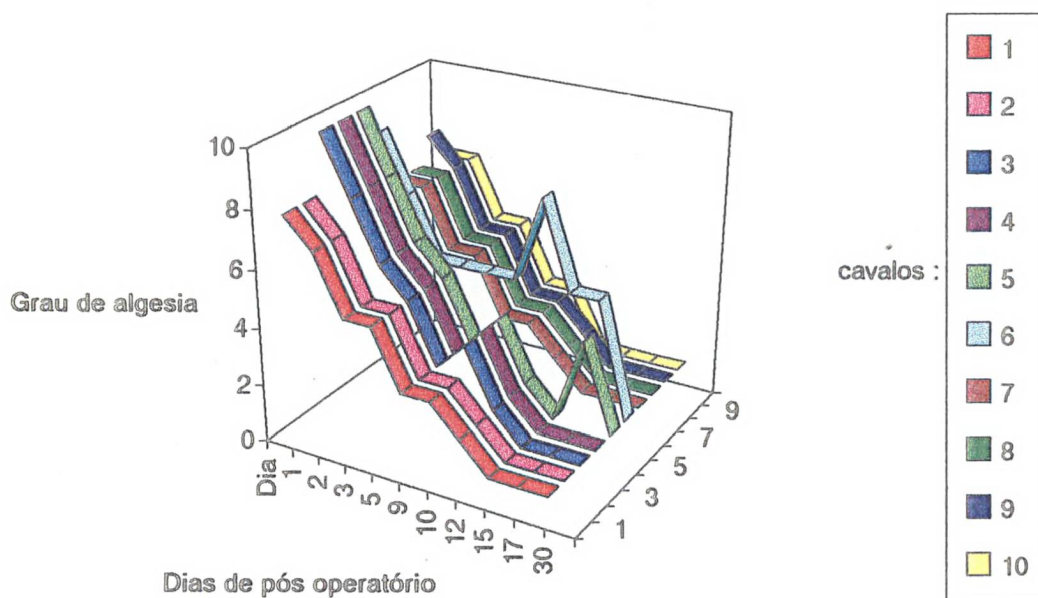
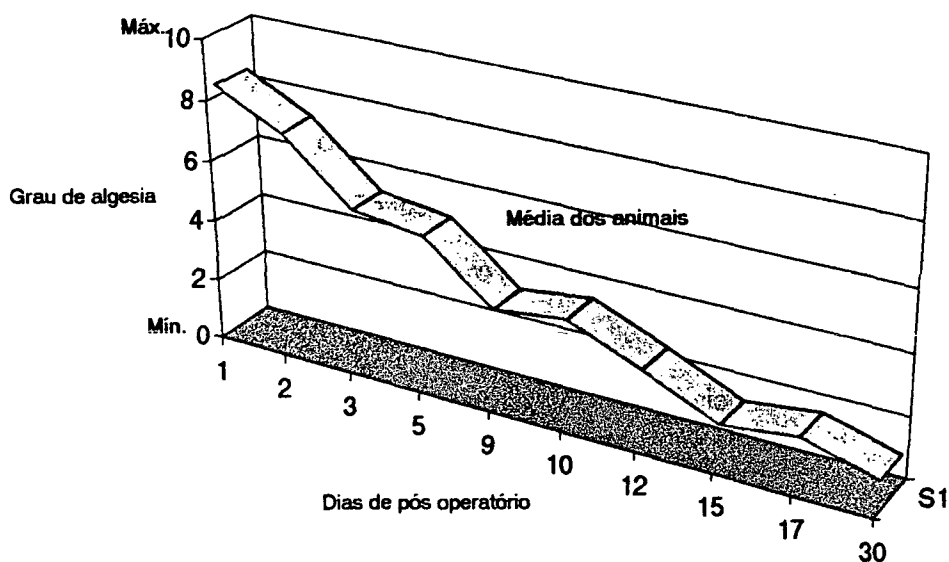


GRÁFICO R-II - Grau de algesia médio de todos os animais utilizados no experimento entre os dias 1 e 30 do pós-operatório.



Dia 0 - Data da cirurgia. Aplicação de antibioticoterapia e medicação antiálgica.

Dia 1 - Logo pela manhã, os cavalos 3,4,5 e 6 encontravam-se em decúbito esternal e relutavam em se levantar e apoiar os membros anteriores no chão. Os demais foram encontrados em estação, mas relutantes em se movimentar.

Os cavalos 3,4 e 5 não se alimentaram, os cavalos 1, 2, 6, e 9 ingeriram parte da ração e os cavalos 7, 8 e 10 alimentaram-se normalmente.

Dia 2 - Os animais que no dia anterior se encontravam em decúbito, estavam em estação, movendo-se pouco mas ainda com dor, quadro observado também no restante dos animais.

Todos os animais se alimentaram normalmente.

O animal No 6 apresentou febre (39,2 oC).

Dia 3 ao Dia 5 - Houve melhora sensível do quadro doloroso. Os animais moviam-se com facilidade dentro de suas baias e se alimentavam normalmente.

O cavalo 6 retornou à sua temperatura média (37,7 °C).

O dia 5 foi a data o término da aplicação de antibioticoterapia e medicação antiálgica.

Dia 6 ao Dia 9 - Pouco era percebido com relação ao quadro doloroso. Os animais moviam-se normalmente e aceitavam o apoio de seu peso sobre apenas uma das patas anteriores quando a outra era levantada. Não houve diferença ao se apoiar o peso do animal sobre o membro que sofreu o implante ou o membro controle.

O apetite apresentou-se normal.

Nenhum cavalo apresentou desconforto ou edemaciamento dos membros anteriores tais que obrigassem a retirada antecipada dos pensos colocados na data da cirurgia.

Dia 10 - Retirada dos pensos e os pontos de todos os animais. Os tendões, pouco doloridos à palpação, apresentaram-se edemaciados e macios, assim como toda a região metacarpeana. Os pensos foram trocados e os animais foram submetidos à 10 minutos de exercício ao passo.

Observou-se, no cavalo 6, o rompimento de 2 pontos de pele na pata controle e de 1 ponto na pata que sofreu o implante de fibra de carbono; eram os primeiros pontos localizados na região proximal da incisão. Percebeu-se a presença de pus nestes locais. Foi feita limpeza e curativo com Água Oxigenada, Mercúrio Cromo e pomada ¹⁹ à base de furacin, acompanhado de novos pensos; dobrou-se a vigilância para que o animal não retirasse os novos curativos. Neste animal os curativos passaram a ser refeitos diariamente. O restante dos animais apresentou cicatrização da pele por primeira intenção.

Dia 12 - O exercício foi mantido para todos os animais à exceção do cavalo 6. Este animal retirou os pensos à noite e com a boca reabriu as feridas. A pele foi rompida, mas os tendões não ficaram expostos. A partir de então, o cavalo ficou o tempo todo com colar para que não

¹⁹ **Furacin pomada** - cada 100 g contém 0,20 g de furacin - Shering Produtos Veterinários LTDA. Estr. dos Bandeirantes, 3091 - Rio de Janeiro - RJ

pudesse alcançar os pensos, que foram refeitos. Neste animal, a cicatrização da ferida cirúrgica e deu por segunda intenção.

Dia 15 - Primeiro dia em que foi permitido o trote aos animais à guia. Nenhum animal apresentou claudicação. Os pensos foram mantidos em todos os animais por precaução.

Dia 17 - O cavalo 5 retirou os pensos durante a noite e feriu-se na mão direita. Apresentava uma pequena ferida no centro da região operada, que drenava uma descarga não purulenta. Fez-se a colocação do colar, troca de curativos e o mesmo tratamento utilizado para as feridas do cavalo 6. A ferida deste animal cicatrizou posteriormente sem problemas.

Dia 30 - Todos os animais se movimentavam normalmente ao passo, trote e galope; quando possível, os animais eram soltos em piquetes para exercício à vontade. As feridas cirúrgicas apresentavam-se completamente cicatrizadas, com exceção do animal 6, que seguia cicatrização por segunda intenção. Os tendões de todos os outros animais se encontravam rijos e secos. Notou-se que os tendões que sofreram o implante sempre estavam mais engrossados.

No animal 6, ocorreu o crescimento de tecido de granulação exuberante na região afetada, mas sem a presença de pus ou reação dolorosa à manipulação ou movimento dos membros. A pequena ferida do animal 5 já estava cicatrizada.

Dia 40 - Cicatrização da ferida do animal 6. Ambos os tendões estavam engrossados e rijos. Percebeu-se a presença de quantidade razoável de tecido de granulação exuberante depositado sobre as áreas operadas e a presença de aderências entre esse tecido e o paratendão. Esteticamente a aparência era desagradável, mas o animal não mancava em nenhuma das andaduras e tampouco exibía sinal de dor quando a região era pressionada.

Dia 45 - Foram mortos e necropsiados os animais 7, 8 e 9. Os demais foram vermifugados e continuavam sendo soltos em piquete. (FOTO 6)

O animal 10 sofreu a segunda intervenção cirúrgica e retirada de biopsia de tecido tendinoso para estudo com relação à reação tecidual suscitada pelo revestimento de gelatina.

Dia 60 - O pelo das patas já havia crescido e pouco se percebia com relação às operações nos membros anteriores os cavalos.

Dia 90 - Os animais 1, 5 e 6 foram mortos e necropsiados. (FOTO 7) Os animais restantes foram embarcados e transferidos para um Haras próximo, onde receberam nova dose de antihelmíntico, ficando soltos a campo, com dois arrazoamentos diários.

Dia 135 - Foi procedida a última vermifugação dos animais.

Dia 170 - Retorno dos animais para o Hospital Veterinário da U.F.Pr. Notou-se que os membros que sofreram o implante continuavam ligeiramente mais engrossados que os membros controles.

Dia 180 - Os animais 2, 3 e 4 foram mortos e necropsiados. (FOTO 8)

4.6. OBSERVAÇÕES DURANTE A NECROPSIA

Dia 45 - Não foram percebidas diferenças com relação à cicatrização peritendinosa e tendinosa entre os animais sacrificados. Os tendões flexores digitais ainda estavam um pouco frouxos à palpação e a pele separou-se dos tendões com relativa facilidade. Em nenhum animal foram observadas aderências que pudessem restringir o deslizamento dos tendões com relação aos paratendões. A região operada de ambos os membros apresentava uma leve hiperemia do tecido subcutâneo e do paratendão. A prótese de fibras de carbono estava no local de sua

implantação sem qualquer modificação e sem qualquer tipo de reação por parte do tendão flexor digital superficial, que fosse observável na avaliação macroscópica. Os tendões que sofreram o implante de fibra de carbono encontravam-se mais engrossados que os tendões controles. (FOTO 9)

Nos três animais os linfonodos axilares se encontravam aumentados em ambos os lados e não foi percebida qualquer modificação na sua coloração. O baço e o fígado apresentavam normalidade, vistos macroscopicamente.

Dia 90 - Os tendões apresentavam-se mais firmes. Nos dois casos que cicatrizaram normalmente, isto é, 1 e 5, foi percebida uma dificuldade maior em separar a pele e tecido subcutâneo do paratendão, caracterizando uma maior formação de aderências entre estes dois tecidos neste estágio de cicatrização. Nestes casos, não foi percebida diferença entre o tecido adjacente à operação e o resto do tecido tendinoso e paratendinoso. Também não havia diferença entre os membros que sofreram o implante e os membros controles nestes pontos. Os implantes de fibra de carbono permaneceram nos locais da implantação, mantendo o padrão trançado e aparentemente com a mesma espessura da data da operação. Não foi percebida fragmentação das fibras de carbono. No animal 6, que se feriu e teve a cicatrização da ferida cirúrgica por segunda intenção, havia extensas áreas fibróticas com aderências entre o tecido exuberante neoformado e o paratendão, e zonas onde mesmo o tendão se encontrava aderido. As fibras de carbono encontravam-se separadas em feixes, seu padrão trançado não mais era percebido e estavam espalhadas por várias profundidades do tecido fibrótico, tendo-se deslocado do seu local de origem.

Nos três animais, a pata que sofreu o implante apresentou o tendão mais engrossado. Nos animais 1 e 5, os linfonodos axilares encontravam-se normais em ambos os lados. No animal 6, os dois linfonodos axilares encontravam-se aumentados. Em nenhum caso observou-se modificação na coloração dos linfonodos. Os órgãos baço e fígado dos três animais não apresentavam quaisquer sinais de anormalidade.

Dia 180 - Neste último grupo de animais, os tendões se apresentavam normais. Percebeu-se que o tendão que sofreu o implante estava levemente mais engrossado que o tendão controle. Ambos os membros apresentavam seus tendões firmes e pouquíssimas aderências entre o tecido subcutâneo e o paratendão, sendo bastante simples a sua dissecação. Todos os tecidos se apresentaram normais. No membro que sofreu o implante, observou-se que as fibras de carbono continuavam no local da sua implantação, um pouco menos unidas do que nos animais sacrificados com 90 dias e aparentemente, sem diminuição na quantidade de fibras originalmente implantadas. Também notou-se pouca fragmentação das fibras de carbono individuais. (FOTO 10)

4.7. EXAME HISTOLÓGICO

Dia 45 - As fibras de carbono apresentavam-se moderadamente juntas, separando-se mais na região mais externa do implante, onde percebia-se a formação de tecido de granulação por entre os filamentos individuais de fibra de carbono. Além disso, estes filamentos mais externos apresentavam-se cobertos por uma fina camada de macrófagos, células gigantes de corpo estranho, fibroblastos e poucos neutrófilos. Percebia-se a formação de neocapilares. Não foi observada a presença de eosinófilos nem qualquer tipo de necrose no tecido envolvendo o implante. No tendão controle, podia-se observar uma reação granulomatosa, com a presença de macrófagos e células gigantes de corpo estranho envolvendo fragmentos do fio de sutura. Não se encontrou fragmentos de fibra de carbono nos linfonodos, nem dentro de macrófagos tampouco livres no parênquima. Também não se observou fragmentos de fibra de carbono nos cortes histológicos de baço e fígado examinados. (FOTOS 11, 12 e 13 e 14)

Dia 90 - Nestes animais, nos cortes histológicos de tendão, notou-se um início de separação entre as fibras de carbono individuais por uma quantidade moderada de colágeno jovem. As fibras de carbono encontravam-se envolvidas por fibroblastos alinhados longitudinalmente, na mesma disposição que o colágeno jovem. Células gigantes de corpo estranho envolviam

algumas fibras de carbono e pequenos fragmentos de carbono no interior de macrófagos também estavam presentes. Não foi observada a presença de eosinófilos e muito menos a presença de neutrófilos ou necrose. Nos membros controle percebiam-se resquícios de fio de sutura e do tecido de granulação por ele suscitado, mas em grau bem mais leve que aos 45 dias. (FOTOS 15 e 16)

Não foram encontradas fibras de carbono nos linfonodos e nos fragmentos de baço e fígado examinados.

O cavalo 6, em ambas as patas, apresentava grande quantidade de tecido de granulação e deposição aleatória de grande quantidade de tecido colágeno jovem, maior no membro com implante de fibras de carbono do que no controle. As fibras de carbono encontravam-se espalhadas por este tecido, onde era grande a quantidade de macrófagos, células gigantes de corpo estranho e neutrófilos. Este foi o único caso em que notou-se a presença de neutrófilos em grande quantidade e a presença de alguns eosinófilos em ambas as patas.

Dia 180 - Este último grupo apresentou uma separação entre as fibras de carbono individuais similar à percebida aos 90 dias. O que mais chamou a atenção foi a grande quantidade de colágeno maduro, alinhado longitudinalmente e com padrão de onda normal, que se dispunha ao redor do implante. Não se percebia qualquer tipo de reação tecidual relacionada à fibra de carbono.

Não foram observadas células gigantes de corpo estranho nem macrófagos. Os membros controles apresentavam tecido tendinoso normal.

Em todos os 10 animais examinados, em nenhum momento observou-se diminuição da quantidade de fibras de carbono implantadas. (FOTOS 17 e 18)

Com relação à maturidade do tecido tendinoso, os resultados dos animais necropsiados aos 45, 90 e 180 dias de pós-operatório estão sumarizados na tabela R-VI e no gráfico R-III, as respostas teciduais com relação à fibra de carbono implantada nos mesmos animais encontram-se na tabela R-VII e no gráfico R-IV

Foi feito um experimento secundário, questionando o fato de a cobertura de gelatina

comum utilizada para facilitar o manuseio das fibras de carbono produzir algum tipo de reação inflamatória. Assim, foi implantada no tendão flexor digital superficial do animal 10 uma mecha de fibras de carbono sem trançado e sem revestimento, esterilizada sob o mesmo processo das anteriores.

Notou-se que a fibra de carbono quando não revestida dificulta o manuseio, pois separa-se com facilidade e se quebra quando são utilizados materiais cirúrgicos, sejam quais forem, para coloca-la dentro da incisão no tendão.

No pós-operatório, foi o animal que melhor se comportou, no que se referiu à dor e ao pronto restabelecimento da movimentação normal. Tanto é que aos 7 dias de pós-operatório já caminhava com desenvoltura e a cicatrização da ferida cirúrgica se deu por primeira intenção.

Aos 45 dias de pós-operatório, a cirurgia foi repetida sob as mesmas condições da anterior, quando se colheram fragmentos do tendão flexor digital superficial que havia sofrido o implante anteriormente, com o auxílio de um "punch" de biopsia para estudo histológico comparativo.

No estudo histológico do tecido tendinoso do animal número 10, percebia-se que a reação tecidual às fibras de carbono era exatamente do mesmo tipo das reações observadas nos animais 7, 8 e 9, com a mesma quantidade de macrófagos e células gigantes de corpo estranho envolvendo as fibras de carbono. Perceberam-se, também, raríssimos neutrófilos. Quanto à disposição de colágeno jovem inicial, esta se deu de modo aleatório, pois os fragmentos de fibras de carbono estavam dispersos em direções diferentes.



FOTO 6 - Aspecto clínico dos membros anteriores do animal 9, aos 45 dias de pós-operatório.



FOTO 7 - Aspecto clínico dos membros anteriores do animal 2, após 90 dias de pós-operatório.



FOTO 8 - Aspecto Clínico dos membros anteriores do animal 4, aos 180 dias de pós-operatório.

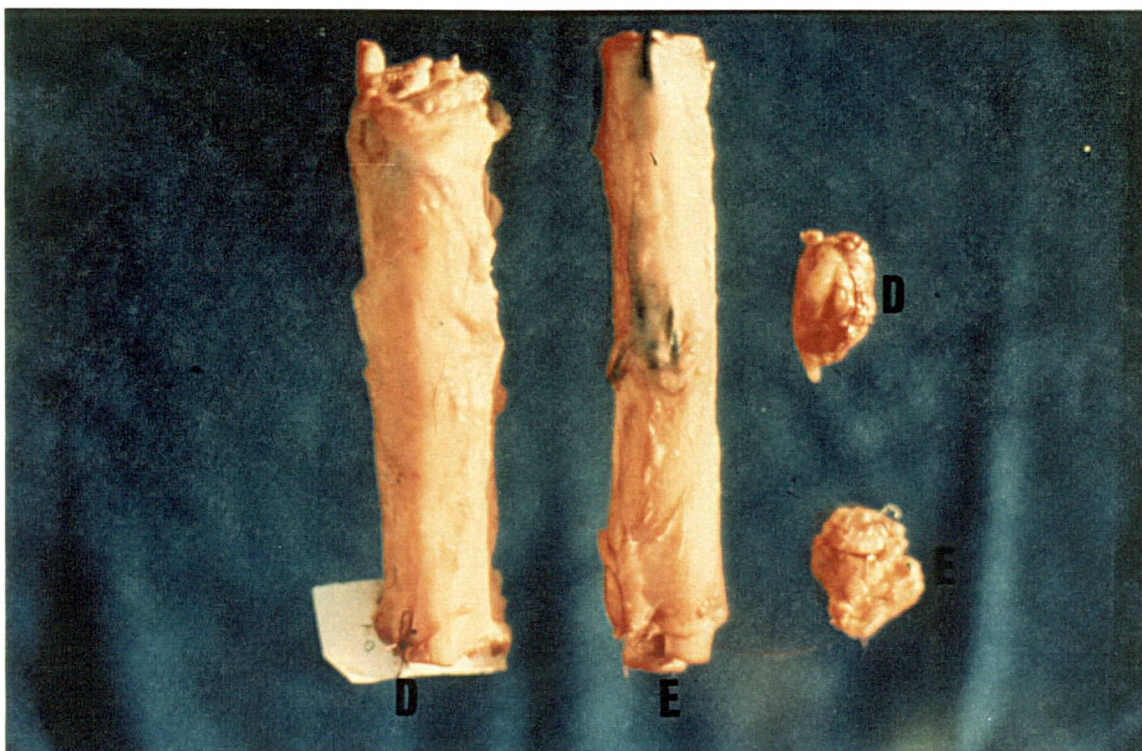


FOTO 9 - Conjunto dos tendões flexores digitais superficial e profundo e linfonodos axilares direito (D) e esquerdo (E) retirados do animal 8, necropsiado aos 45 dias de pós-operatório. Notar a fibra de carbono visível no tendão esquerdo.

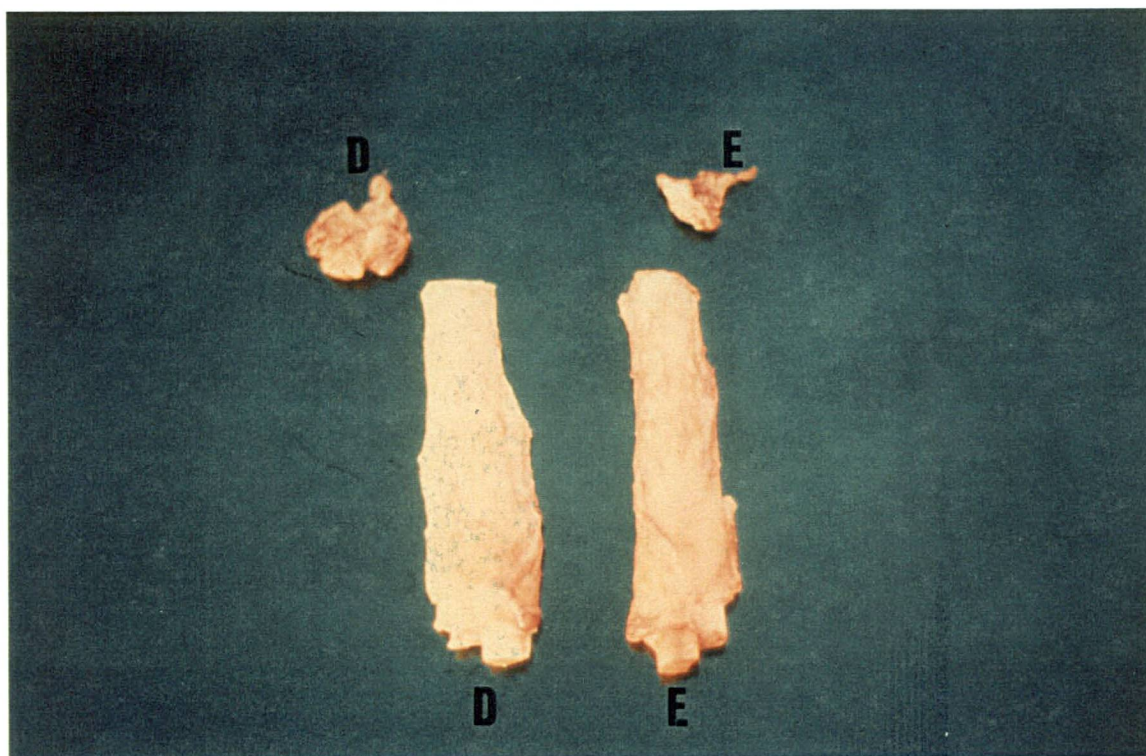


FOTO 10 - Conjunto dos tendões flexores digitais superficial e profundo e linfonodos axilares direito (D) e esquerdo (E) retirados do animal 4, necropsiado aos 180 dias de pós-operatório. Notar que a fibra de carbono não está visível.

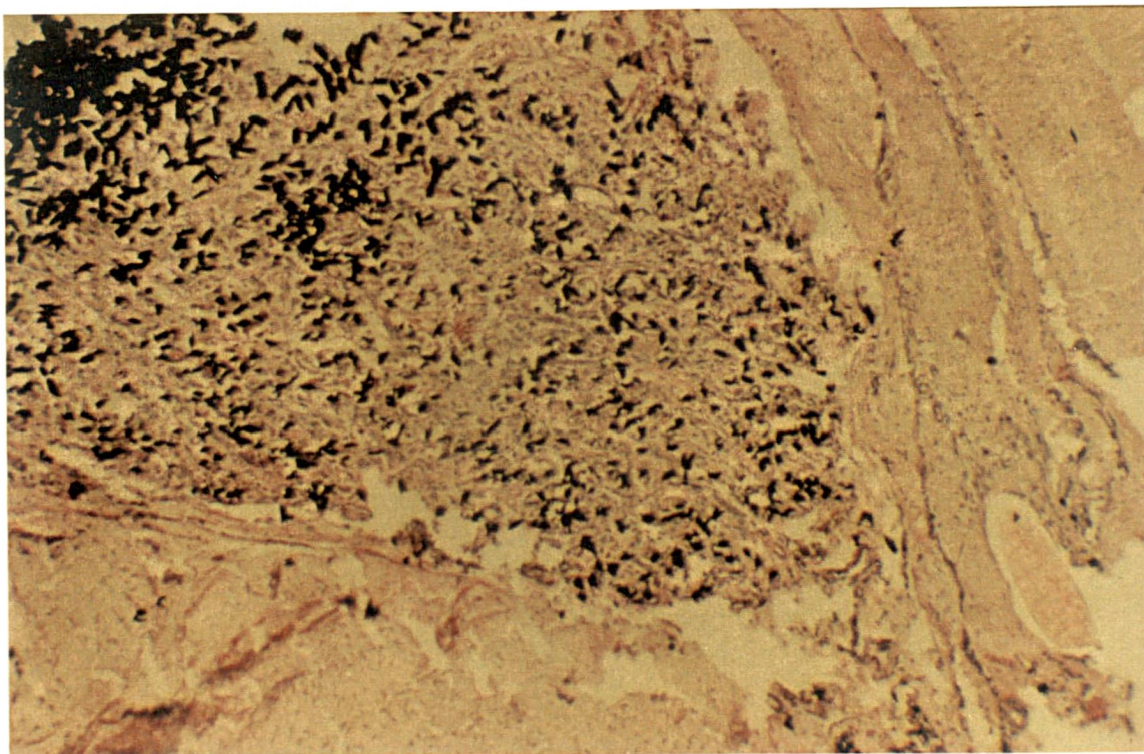


FOTO 11 - Reação granulomatosa moderada ao redor das fibras de carbono. Penetração do tecido do hospedeiro por entre as fibras. Corte transv. - Objetiva 25 - H.E. - 45 Dias

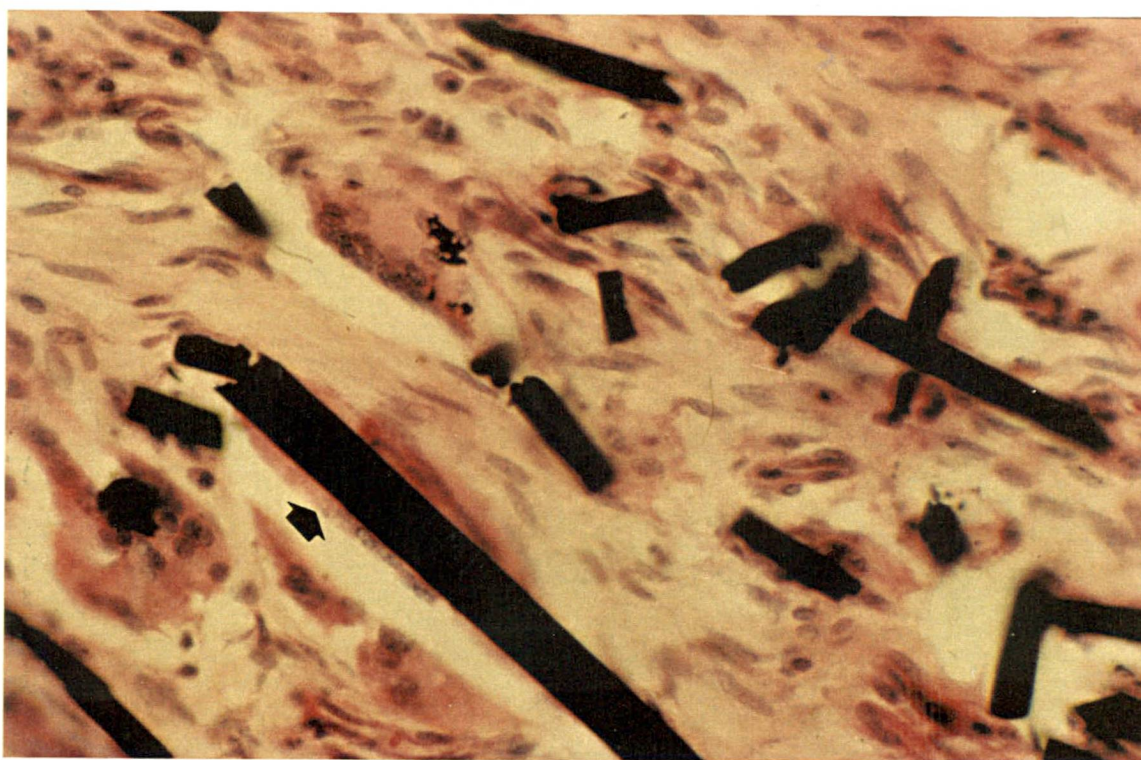


FOTO 12 - Reação granulomatosa. Alinhamento de macrófagos ao redor das fibras de carbono. Fibra de carbono envolvida por célula gigante de corpo estranho (seta). Corte long. - Objetiva 100 - H.E. - 45 dias

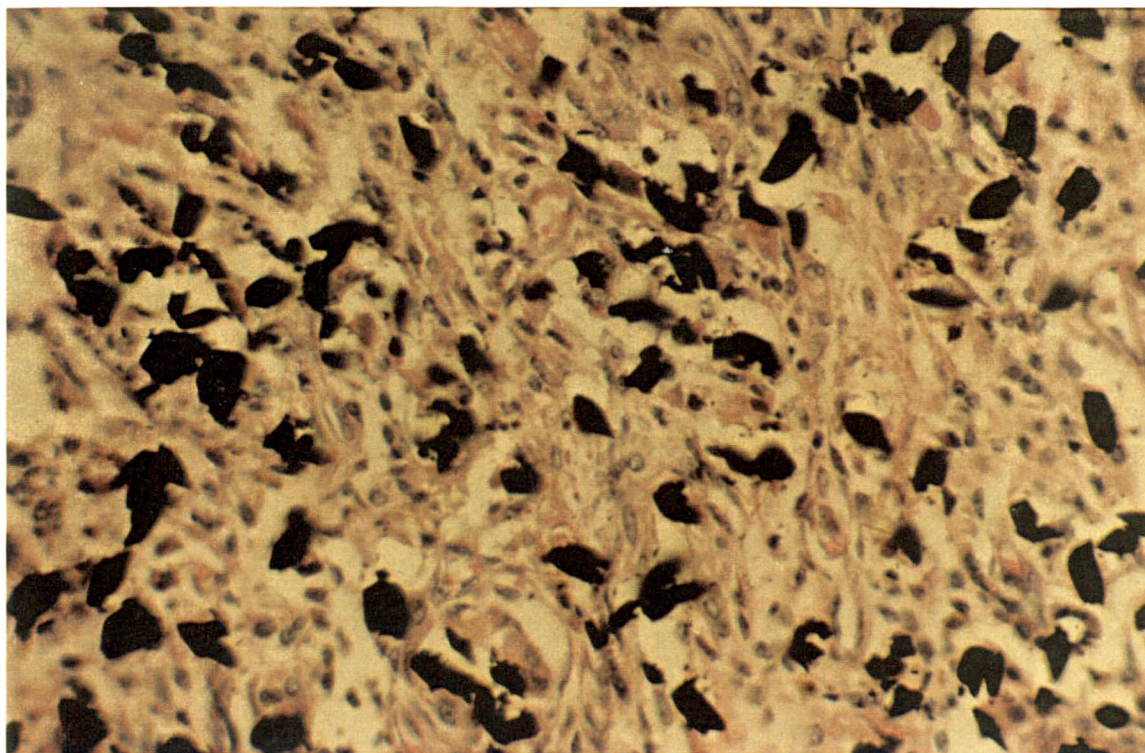


FOTO 13 -Reação granulomatosa moderada ao redor das fibras de carbono. Presença de macrófagos e células gigantes de corpo estranho envolvendo as fibras de carbono. Corte tranv. - Objetiva 40 - H.E. - 45 dias.

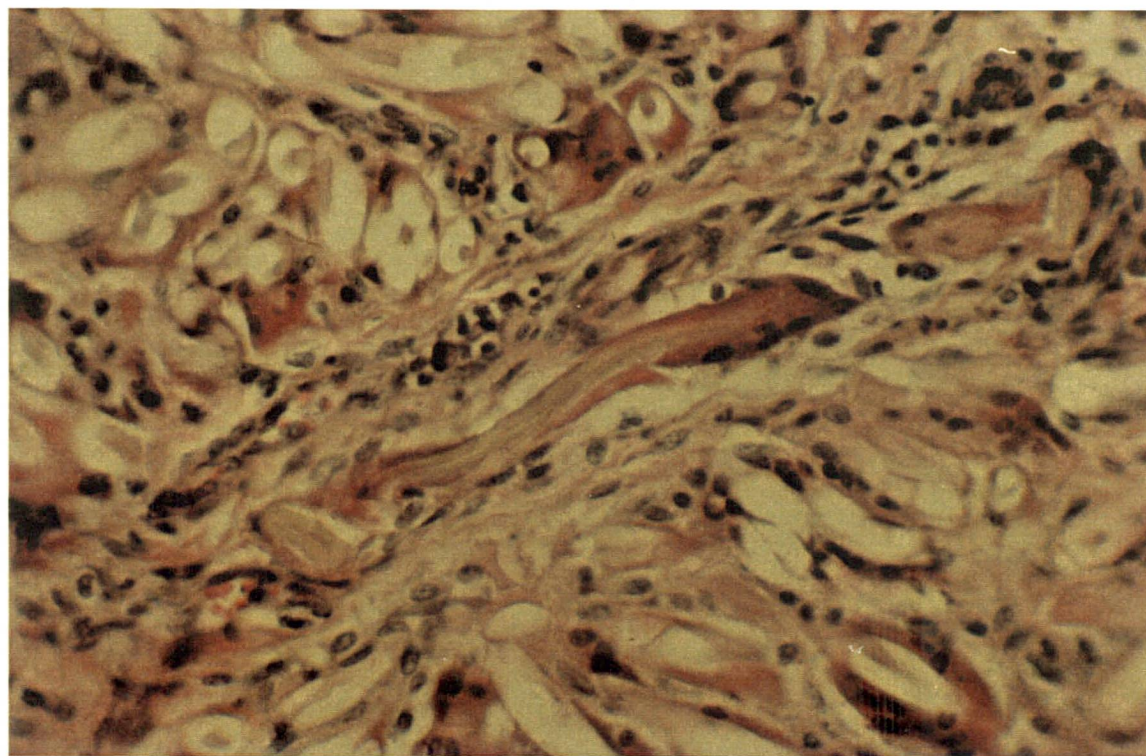


FOTO 14 - Reação granulomatosa observada no membro controle, ao redor de fragmento de fio de sutura. Corte transv. - Objetiva 40 - H.E. - 45 dias

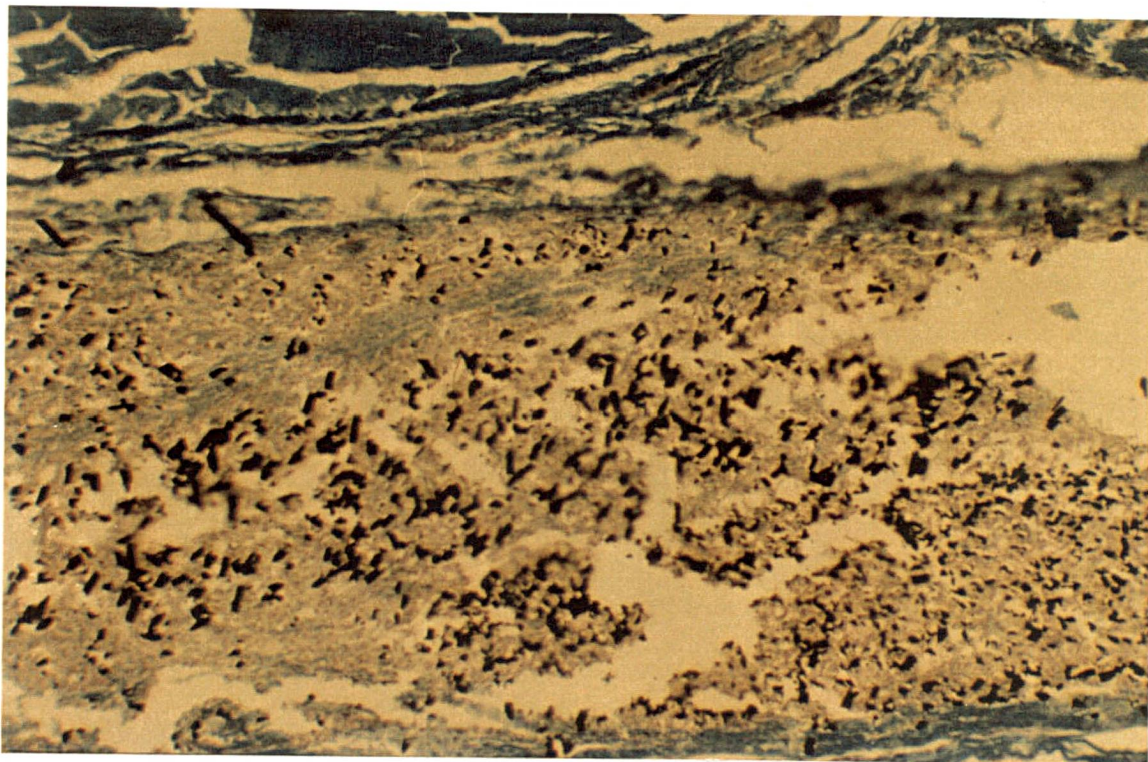


FOTO 15 - Fibras de carbono separadas pelo tecido de granulação . A coloração azul mais clara diferencia as fibras colágenas jovens que estão sendo depositadas ao redor do implante.

Corte tranv. - Objetiva 10 - Mallory - 90 Dias

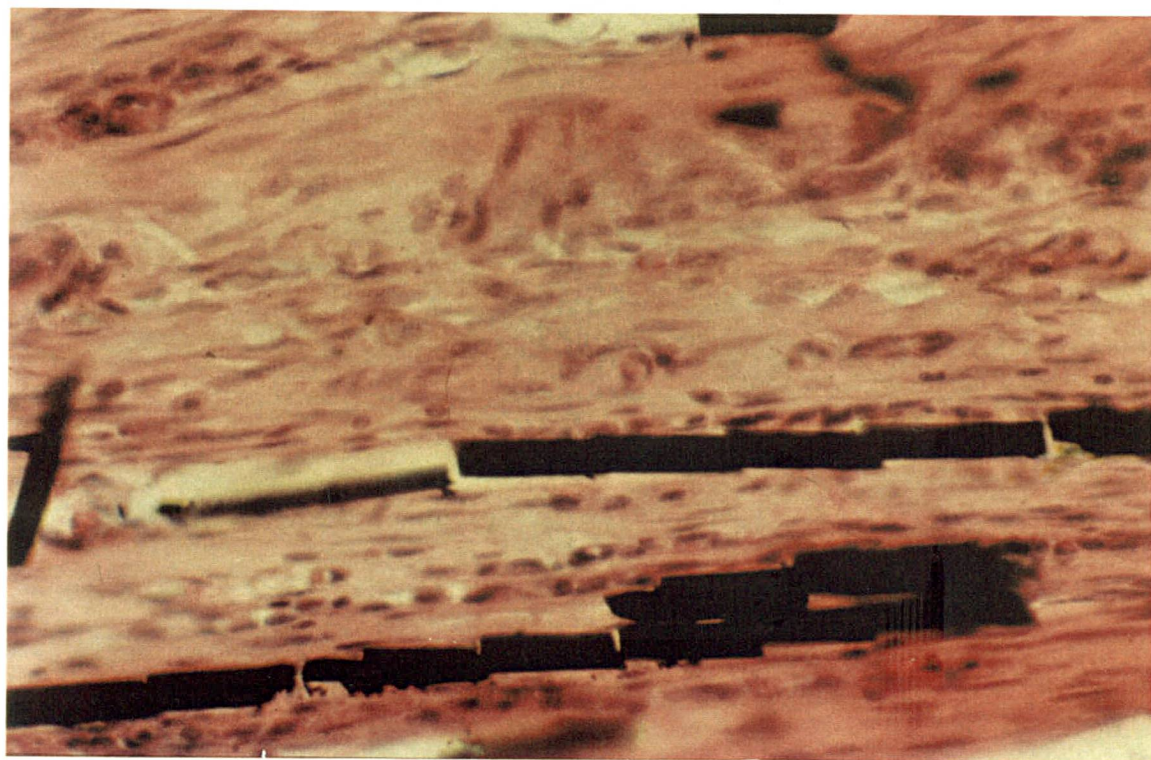


FOTO 16 - Alinhamento dos fibroblastos ao redor das fibras de carbono.

Corte longit. - Objetiva 100 - H.E. - 90 Dias

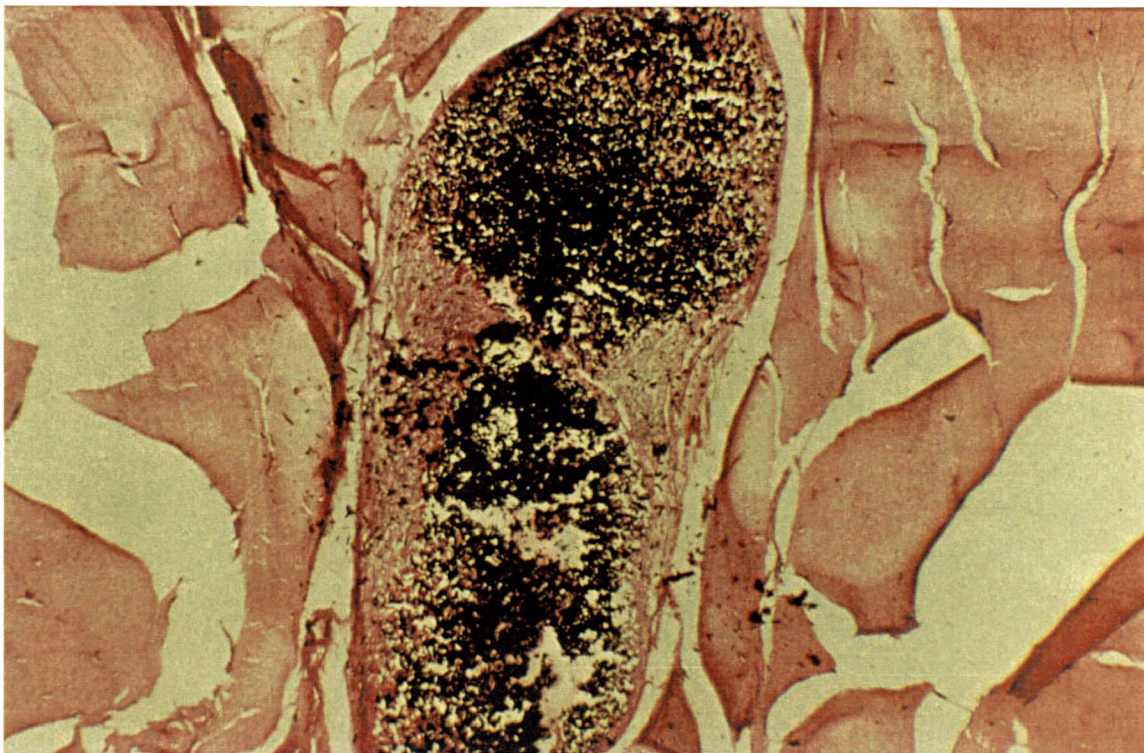


FOTO 17 - Prótese de fibra de carbono embebida em colágeno. Escassa reação tecidual relacionada com a fibra de carbono. Corte tranv. Objetiva 25 - H.E. - 180 Dias

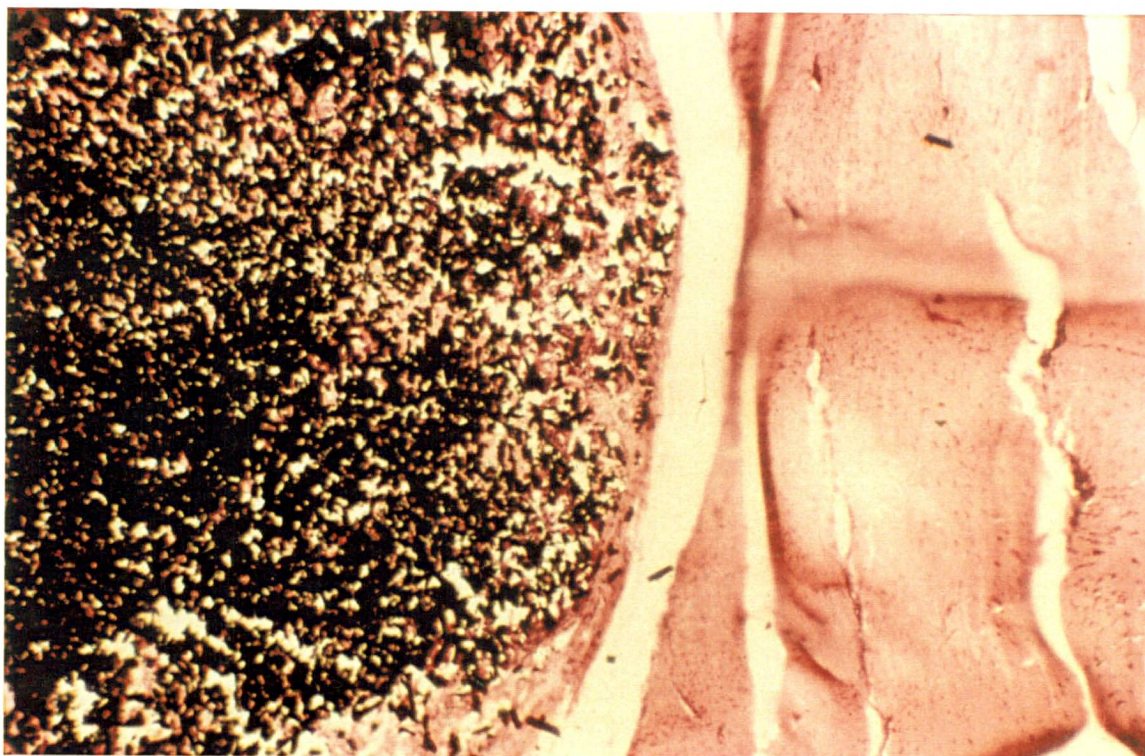


FOTO 18 - Ampliação da foto anterior. Presença de colágeno alinhado ao redor das fibras de carbono. Corte transv. - Objetiva 40 - H.E. - 180 dias.

TABELA R-VI - Observações referentes a maturidade do tecido tendinoso nos cortes histológicos observados para os animais necropsiados aos 45, 90 e 180 dias de pós-operatório.

Parâmetro avaliado	Tempo pós - cirurgico		
	45 dias	90 dias	180 dias
- Celularidade	alta	média	baixa
- Proporção de fibrócitos	< 1/3	1/3 a 2/3	>2/3
- Proporção de células paralelas ao eixo longitudinal	< 1/3	1/3 a 2/3	>2/3
- Vascularidade	alta	média	baixa
- Proporção de fibras colágenas de diâmetro maior	< 1/3	1/3 a 2/3	>2/3
- Proporção de fibras colágenas paralelas ao eixo longo	< 1/3	1/3 a 2/3	>2/3
- Formação do padrão de ondas	baixa	média	alta

GRÁFICO R-III - Referente aos dados da Tabela R-VI.

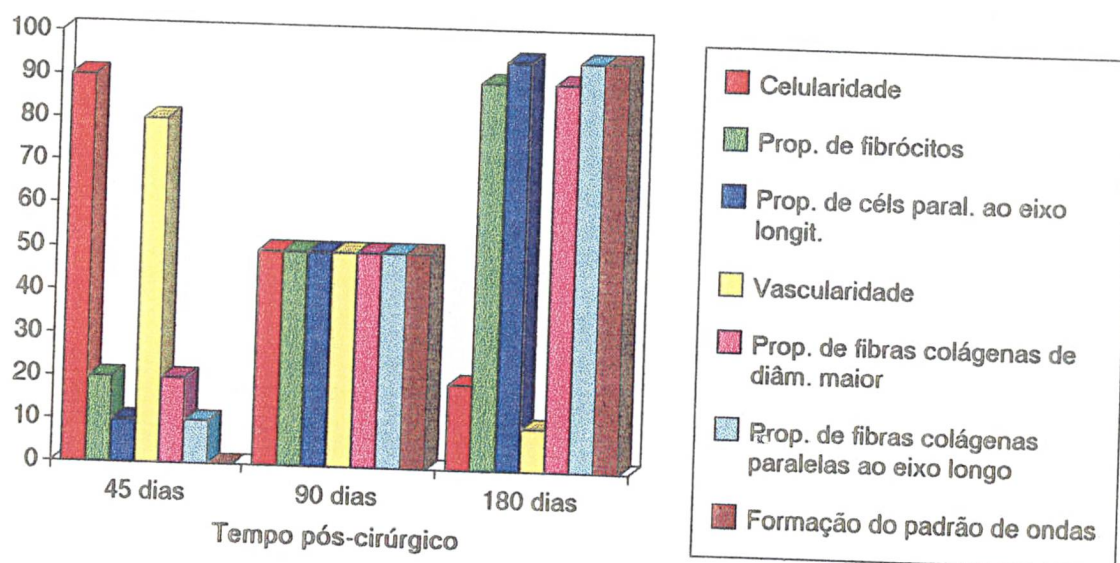
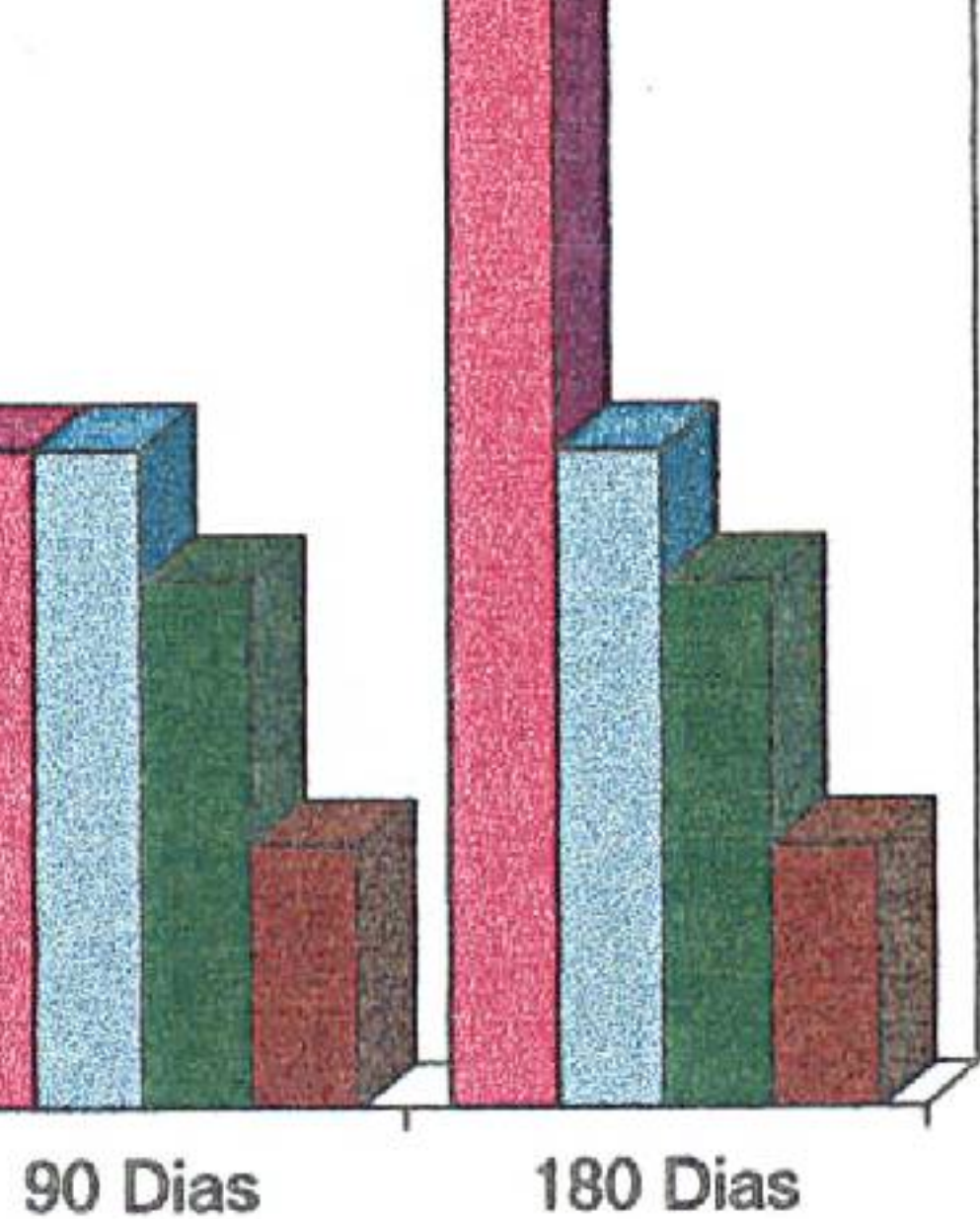


TABELA R-VII - Observações referentes à resposta do tecido tendinoso frente ao implante de fibras de carbono em animais necropsiados aos 45, 90 e 180 dias de pós-operatório.

Parâmetro avaliado	Tempo pós-cirúrgico		
	45 dias	90 dias	180 dias
- Quantidade de macrófagos e células gigantes de corpo estranho envolvendo f.c.*	alta	média	não
- Presença de Neutrófilos	baixa	não	não
- Presença de Eosinófilos	baixa	não	não
- Presença de necrose	não	não	não
- Alinhamento dos fibroblastos paralelamente às f.c.	média	alta	alta
- Penetração do tecido conjuntivo fibroso na trama da f.c.	média	média	média
- Grau de separação das f.c.	baixa	média	média
- Fragmentação e desaparecimento das f.c.	não	não	não



- Alinham. f.c.
- Penetr. d. trama da
- Grau de s
- Fragn. e

90 Dias
180 Dias
a necropsia

te aos dados da Tabela R-VII

5. DISCUSSÃO

5.1. ESCOLHA E PREPARO DA FIBRA DE CARBONO

A razão pela qual a fibra de carbono do tipo HMS foi a escolhida para ser utilizada no experimento foi em função de que seu alto grau de pureza não produz reações relacionadas com outros elementos, o que poderia mascarar os resultados e assim, principalmente no caso das observações histológicas, as reações observadas seriam suscitadas exclusivamente pelo elemento carbono e seu revestimento biodegradável. O tipo HMS de fibra só pôde ser usado porque a trança não sofreria nenhum tipo de força transversal que pudesse fragmentá-la, uma vez que este tipo de fibra de carbono é o mais sensível às forças de corte transversal. GOODSHIP (1980), relatou que a fibra do tipo HMS, apresentou quando implantada um menor edemaciamento do membro implantado no período pós-operatório imediato que o tipo AS de fibra de carbono.

No caso deste trabalho, uma vez que as fibras foram trançadas manualmente e a separação das mechas se deu a olho nu, o número de fibras utilizado nas tranças de fibra de carbono implantadas nos tendões flexores digitais superficiais dos cavalos foi um valor em torno de 36.000 fibras. Na bibliografia, o número de fibras de carbono utilizado para o implante em tendões de eqüinos varia de 25.000 a 45.000 fibras de carbono. (MURRAY et al. 1983, GOODSHIP et al. 1980, VAUGHAN et al. 1985, VAN DEN BERG et al. 1987, LITTLEWOOD 1979, GRETI et al. 1982).

Apesar de não ser o objetivo deste trabalho avaliar a relação entre o ângulo de trançado e a força tênsil, considerou-se, na confecção do trançado, o ângulo de 43° preconizado por BURRI et al (1983), que além de permitir a força tênsil máxima por parte da prótese, é o ângulo encontrado nas próteses de fibra de carbono pré-trançadas vendidas comercialmente.

Para que se pudesse trabalhar com as mechas de fibras de carbono, pois estas, quando secas, estão na forma de fios muito finos, que se quebram com facilidade e não permitem uma manipulação adequada, foi feita a opção do revestimento da fibra de carbono com gelatina comercial. Ao serem imersas na gelatina líquida, as fibras aderiram umas às outras, permitindo a manipulação, o feitiço e a padronização das tranças. Esta opção foi feita em função dos bons resultados obtidos por CLAES et al. (1983 e 1984), JENKINS et al. (1978), LANGLOIS (1980), BURRI et al. (1983), GRETI et al. (1982), MENDES et al. (1984 e 1985), VALDEZ et al. (1980), NEUGEBAUER et al. (1981 e 1983); e ainda em função da facilidade de obtenção da matéria prima do revestimento e preço acessível. Além disso, a absorção do revestimento de gelatina ocorre em no máximo 7 dias. (CLAES et al. 1985). Não se utilizou o revestimento de ácido poliglicólico porque tal revestimento tarda 56 dias para ser absorvido, e segundo LEMAIRE (1985), a deposição de colágeno suscitada pela prótese de fibra de carbono é atrasada por causa do tempo exigido para a absorção do revestimento da fibra. Sendo assim, as fibras com revestimento de ácido poliglicólico são mais utilizadas para substituição de ligamentos, pois necessitam de maior força tênsil e ainda permitem suturas e nós.

Para a colocação da trança de fibra de carbono foi escolhida a região metacarpeana central do tendão flexor digital superficial, que segundo (ADAMS, 1987), é o local onde normalmente ocorrem as lesões tendinosas no equino, sendo também a região do tendão flexor digital superficial com menor aporte sanguíneo intrínseco para reparo de lesões. (STROMBERG, 1973 e KRAUSE-HANSEN, 1988)

A bibliografia relata que os maiores sucessos obtidos com a utilização de próteses de fibra de carbono são conseguidos quando esta desempenha uma função de reforço em procedimentos que podem ser feitos sem a prótese, aproveitando sua destacada biocompatibilidade e a seu potencial de indução de deposição de colágeno em intervenções tendinosas. (LEMAIRE, 1985). Em equinos, os melhores resultados foram alcançados quando a prótese de fibra de carbono foi utilizada para reduzir o tempo da fase fibroblástica da cicatrização tendinosa, em tendões flexores digitais superficiais acometidos por tendinites

agudas ou crônicas, sem ação mecânica. Ou seja, sem necessidade de utilização da força tênsil da fibra de carbono para a fixação de tecidos. Como já discutiram os trabalhos de DENNY et al. (1980), NIXON et al. (1984) e BERTONE et al. (1990), o nylon ainda é o material de eleição para a sutura de tendões transeccionados. A fibra de carbono cumpriria seu papel nestes casos como coadjuvante na deposição de colágeno, mas preferentemente sem a utilização de fixação da fibra de carbono por meio de nós, parafusos, ou sua passagem por orifícios ósseos que possam causar o seu rompimento, como na utilização da fibra de carbono descrita no trabalho de RICHTER (1991).

O uso da fibra de carbono intra-articular foi descrito por BEJUI et al. (1982), JENKINS (1984), NEUGEBAUER et al. (1983), DENNY et al. (1980) e BURRI et al. (1983). Todos estes autores assinalaram uma taxa de desenvolvimento do novo tecido tendinoso marcadamente inferior ao que se registrou quando a fibra de carbono substituiu ligamentos extra-articulares e ainda também alguns problemas relacionados com a tolerabilidade da fibra de carbono pela cápsula articular. A partir de todos estes trabalhos, conclui-se que a utilização mais indicada para a fibra de carbono seria em tendões e ligamentos extra-articulares, sem fixação, e totalmente em contato com o tecido tendinoso, que são exatamente as condições nas quais este experimento utiliza a prótese de fibras de carbono.

5.2. PRÉ-OPERATÓRIO

Os animais foram adquiridos em chácaras nos arredores de Curitiba. Alguns dos animais ao chegarem ao recinto do Hospital Veterinário da U.F.Pr. não estavam nas condições ideais para sofrer uma intervenção cirúrgica. Assim, ao chegarem, os animais eram submetidos aos já citados exames pré-operatórios e os animais que não se encontravam em condições normais, eram tratados e alimentados à base de ração peletizada até que seus exames apresentassem os padrões normais. Basicamente os animais estavam subnutridos e com endoparasitismo. Alguns animais necessitaram de mais de trinta dias de alimentação chegar num estado que lhes permitisse sofrer a intervenção cirúrgica sem riscos. Esse cuidado

permitiu uma padronização do estado geral dos animais que foram operados e uma diminuição da ação de fatores que pudessem estar relacionados com o estado físico dos animais nos resultados do trabalho.

O fato de muitos destes animais não serem domados e serem bastante ariscos contribuiu para que nos primeiros dias os animais se portassem de maneira bastante "estressada", e perdessem mais peso, pois estavam fechados nos boxes a maior parte do tempo e manipulados várias vezes por dia, sendo estas condições completamente diferentes das familiares aos animais.

5.3. PRÉ OPERATÓRIO IMEDIATO E ATO OPERATÓRIO

Foram seguidos os conceitos básicos de cirurgia tendinosa descritos por BUTLER (1974). O treinamento da equipe cirúrgica em cirurgias pré-experimentais foi necessário para que houvesse um bom domínio da técnica e máxima diminuição do tempo cirúrgico. Apesar das condições do Centro Cirúrgico do Jockey Club do Paraná serem muito superiores às do Hospital Veterinário da U.F.Pr, as cirurgias correram sem problemas no segundo local.

Com relação à anestesia geral, os nove animais do trabalho que sofreram este tipo de anestesia não apresentaram nenhum tipo de problema. O décimo animal foi operado com tranqüilização e anestesia local. Neste último caso, foi feito bloqueio anestésico alto dos nervos palmares lateral e medial, que remove primariamente a sensibilidade dos tendões flexores digitais superficial e profundo na região metacarpeana, assim como em toda a bainha tendinosa.

O tempo de anestesia dos animais 1, 2, 7 e 9 teve que ser aumentado diante da impossibilidade de se fazer a depilação dos campos operatórios com os animais em estação, pois estes estavam colocando em risco as pessoas que os manuseavam por serem muito ariscos. Assim, aqueles animais tiveram a áreas onde sofreriam a operação depiladas na mesa cirúrgica, já sob anestesia geral.

A técnica cirúrgica a "céu aberto" foi escolhida em detrimento à técnica à "céu fechado" ou tunelização, por que facilita a incisão do tendão a dois terços de profundidade da espessura total do tendão flexor digital superficial, permite uma perfeita visualização da colocação da trança de fibra de carbono no fundo da incisão, e uma padronização do trabalho. A técnica permite, ainda, a manutenção do paralelismo da trança de fibra de carbono em relação às fibras do tendão, pois muitas vezes a técnica de tunelização - dependendo do instrumento empregado - obriga o cirurgião a inserir o trocarter em um ângulo um pouco inclinado em relação ao tendão. A técnica a "céu aberto" também preserva mais a fibra da fragmentação causada pela manipulação e pelo atrito com o próprio tecido tendinoso quando da sua colocação. Como desvantagens, a técnica a "céu aberto" oferece a maior possibilidade de infecção, exige um número maior de suturas - que promovem uma reação inflamatória mais exacerbada e também exige um pós operatório mais cuidadoso com relação aos pontos e a ferida cirúrgica.

A técnica cirúrgica utilizada foi modificada em relação à preconizada por GOODSHIP (1980), porque o volume da trança de fibra de carbono (36.000 fios) não era grande o suficiente para que fossem necessárias ampliações da primeira incisão no tendão lateralmente, em ângulo reto, para formação de um leito em forma de "T" invertido. Optou-se, então, pela incisão única para preservação do tecido tendinoso e para evitar que a fibra, por seu volume relativamente pequeno, ficasse solta dentro da incisão, perdendo o seu paralelismo com as fibras tendinosas e podendo fragmentar-se com a movimentação do animal no período pós-operatório, uma vez que os animais não foram imobilizados.

O ato cirúrgico transcorreu de forma bastante rápida e simplificada, nenhum dos animais necessitou trabalho de hemostasia além da utilização de poucas pinças hemostáticas seguidas da sutura dos pequenos vasos, quando da incisão de pele. O maior problema da técnica restringiu-se ao prejulgamento da espessura do tendão para que a incisão não excedesse 2/3 daquela, uma vez que a espessura do conjunto dos tendões flexores variava muito nos animais operados.

5.4. PÓS-OPERATÓRIO

O pós-operatório foi instituído em relação aos trabalhos de JENKINS (1977-1978), VALDEZ et al. (1980) , GRETI et al. (1982) e VAN DEN BERG et al. 1987. Nenhum autor imobilizou os membros operados em qualquer tipo de aparelho ortopédico quando as cirurgias foram exclusivamente para implantação de fibra de carbono, sem ruptura completa dos tendões operados. Autores como AMIS (1985) e LEMAIRE (1985) imobilizaram os membros operados somente quando ocorreram rupturas completas dos tendões que foram suturadas com nylon ou mesmo fibra de carbono. LEMAIRE (1980) ainda, no caso de substituição total ou parcial de tendões e ligamentos por fibra de carbono, admitiu que há uma necessidade de no mínimo 3 meses de imobilização. Segundo este autor, este é o tempo mínimo para que o colágeno do novo tecido tendinoso torne-se adequadamente efetivo com relação às forças de tração. VALDEZ et al. (1980) relataram o apoio do próprio peso e a movimentação precoce dos membros operados estimula a produção de colágeno ao redor do implante. Como neste experimento os tendões não foram transeccionados e não houve perda tecidual , não foi julgada necessária a imobilização dos animais, mantendo-se então apenas pensos protetores da ferida cirúrgica durante o tempo necessário para a cicatrização daquela.

Os resultados clínico-cirúrgicos contrastam em alguns pontos com os de outros autores. BRENDIN (1986), descreveu um pós-operatório extremamente doloroso nos animais por ele operados, especialmente nos 5 primeiros dias após a cirurgia, com os animais vários dias em decúbito lateral, impossibilitados de se levantar. VAUGHAN (1985), também fez observações deste tipo. No presente experimento, os animais apresentaram um quadro doloroso exacerbado apenas no dia 1 após a cirurgia, e, mesmo assim, apenas em 40 % dos animais (Nos. 3, 4, 5 e 6). Nenhum animal adotou o decúbito lateral, e no dia 2 todos estavam em estação. Aos cinco dias, os animais se movimentavam normalmente em seus boxes. Nos trabalhos de GOODSHIP et al. (1980), os resultados foram similares aos deste experimento. Os animais moviam-se normalmente aos 7 dias de pós-operatório. Cite-se ainda, que BRENDIN (1986) operou casos clínicos de tendinite, e apenas um dos membros era operado

pelo autor na maioria dos casos, enquanto que no presente experimento, ambos os membros foram operados ao mesmo tempo. HUTCHINS et al. (1981) reportaram um grau de resposta dolorosa moderado, mas que regrediu rapidamente a partir do terceiro dia. Em nosso caso, não foi percebida nenhuma diferença na reação dolorosa entre os membros que sofreram o implante de fibra de carbono e os membros controles.

Em eqüinos, como resultado positivo em eqüinos, os autores entenderam o retorno dos cavalos à sua função original (salto, corridas, equitação). (GOODSHIP et al. 1980; LESAFRE, 1976; LITTLEWOOD, 1979; VAUGHAN et al. 1980; MURRAY et al. 1983; VAN DEN BERG et al. 1987 ; BRENDING, 1986; GRETI et al. 1982 e HUTCHINS, 1981). No caso deste trabalho, como os animais eram de raças indefinidas, alguns nem mesmo eram domados, fixou-se como resultado positivo, o retorno dos animais à movimentação normal dos animais nas três andaduras básicas - passo, trote e galope. Deste modo, no caso do passo e trote fez-se uso de cabresto ou guia, e no galope, os animais foram soltos em piquete para observação. Todos os animais considerados neste trabalho retornaram ao padrão normal de movimentação nas três andaduras antes dos 30 dias de pós-operatório e assim se mantiveram até o final do experimento. Os animais foram mantidos sob exercício controlado até as 4 semanas de pós-operatório. Este período foi fixado em função das observações de JENKINS (1977) que reportou que a força tênsil de tendões lacerados totalmente induzidos por fibra de carbono em animais experimentais alcançava a força tênsil do tendão normal em aproximadamente 4 semanas. Após este período, em nosso experimento, aos animais permitiu-se o exercício solto em piquetes, onde o animal ficava livre para auto-limitar o esforço de sua movimentação. Como já citado acima, VALDEZ et al. (1980), relataram que o fato de o animal utilizar os membros, neles apoiando o peso e caminhando, estimula a produção de colágeno ao redor do implante, o que nos induziu a exigir dos animais uma movimentação compatível com seu quadro clínico o mais rapidamente possível.

É difícil a comparação dos resultados do presente experimento com os obtidos por pesquisadores que operaram cavalos de corrida e esporte, que posteriormente retornaram a um treinamento muito mais exigido, uma vez que os cavalos deste experimento nunca foram

montados e muito menos foram forçados a galopar em velocidade de corrida ou a saltar.

5.5. NECROPSIA

Durante a necropsia, a presença de aderências entre os tecidos subcutâneos e o paratendão foram notadas. Estas eram em maior quantidade e parcialmente restritivas nos animais necropsiados aos 90 dias de pós-operatório. Nos animais sacrificados aos 180 dias de pós-operatório, as aderências eram mínimas e não restritivas. Acredita-se que o fato de as aderências serem maiores aos 90 dias seja porque este é o momento em que há maior deposição colágena pelos fibroblastos (GRETTI, 1982) aliado ao exercício que, segundo GOODSHIP (1980) estimula a deposição de colágeno. Aos 45 dias de pós-operatório, as aderências ainda não estariam totalmente formadas, razão pela qual apresentavam-se em menor quantidade. Como os animais foram mantidos sob exercício, houve uma remodelação e diminuição das aderências, que não foram mais percebidas aos 180 dias.

Na observação dos linfonodos axilares no momento da necropsia, percebeu-se que apenas nos animais necropsiados aos 45 dias de pós-operatório notava-se alguma modificação. Entretanto, nos três casos, ambos os linfonodos encontravam-se aumentados igualmente, caracterizando assim, uma reação relacionada com o ato cirúrgico e não com o implante de fibra de carbono.

5.6. EXAME HISTOLÓGICO

5.6.1 TÉCNICA

Com relação ao processamento das amostras de tecido obtidas, foi necessário um aumento no tempo de hidratação dos blocos com os cortes histológicos dos tendões. Inicialmente de 12 horas, o tempo de hidratação teve que ser estendido para 24 horas, em razão da dureza do tecido tendinoso. Apesar deste cuidado, o corte dos blocos com tecido tendinoso no micrótomo foi bastante difícil, especialmente nas amostras transversais, e a

obtenção de cortes melhores só foi obtida quando a espessura do corte foi aumentada de 4 μm para 6 μm . Os blocos onde fragmentos transversais e longitudinais estavam colocados juntos tiveram que ser refeitos colocando-se os cortes separadamente em cada bloco, porque os cortes transversais dificilmente eram obtidos, e não raramente, ao ser colocado no micrótomo, o bloco se partia na altura da amostra transversal.

Foram confeccionados dois jogos de lâminas coradas com Hematoxilina-Eosina, que foi considerada a coloração básica. A coloração de Mallory, específica para tecidos conjuntivos e colágeno, foi utilizada nos cortes de tendão para distinguir o colágeno jovem do colágeno maduro. O colágeno jovem apresenta-se em coloração azul mais clara do que o colágeno maduro. A coloração de Gram foi utilizada para destacar as células inflamatórias e facilitar a procura de fragmentos de fibra de carbono no interior de macrófagos nos fragmentos de linfonodos, nos de baço e nos de fígado. A coloração Azul da Prússia foi usada para diferenciar fragmentos de fibra de carbono que porventura se encontrassem no interior das células de depósitos de hemossiderina, que também se apresentam com a cor negra em outras colorações, que poderiam gerar alguma dúvida.

5.6.2. EXAME HISTOLÓGICO

É sabido que a fibra de carbono encorajou a formação de novo tecido fibroso quando implantada em ovelhas (JENKINS et al. 1977, 1978, 1985), coelhos, (AMIS et al. 1985), no cão (RICHTER, 1991) e no homem (LEMAIRE 1985). Em nosso caso, estamos em acordo com os autores ALEXANDER et al. (1983) e VALDEZ et al. (1983) e sugerimos que no equino, tão cedo quanto aos 45 dias de pós-operatório, uma estrutura que muito se assemelha ao tendão normal começa a se desenvolver ao redor e entre as fibras do implante de carbono. O aparecimento deste tecido fibroso, em cirurgias similares em ovinos, só é percebido aos 56 dias de pós-operatório (JENKINS, 1977). Segundo FORSTER et al. (1978), GRETTI et al. (1982) e JENKINS (1978), o novo tecido colágeno gradualmente alinha-se e organiza-se na direção das linhas de força, imiscuindo-se por entre as fibras de carbono. Os resultados do

presente trabalho confirmam estes achados, pois nos locais onde os fibroblastos estavam próximos às fibras de carbono, aqueles se alinhavam com estas. O colágeno recém-depositado apresentou o típico padrão de onda normal, demonstrando a precoce organização do novo tecido fibroso em uma estrutura caracteristicamente tendinosa.

O envelopamento completo do implante por fibras colágenas alinhadas foi percebido aos 60 dias de pós-operatório por ALEXANDER et al. 1983. Em nosso trabalho tal envelopamento ocorreu aos 90 dias de pós-operatório. Note-se que, provavelmente, se tivéssemos obtido amostras aos 60 dias, já perceberíamos este fato, uma vez que aos 45 dias o início do envelopamento das fibras e a deposição de colágeno paralela às fibras de carbono já eram bem perceptíveis. As secções dos tendões controles não apresentaram o mesmo grau de deposição, de orientação longitudinal ou de padrão de formação de ondas no colágeno jovem depositado.

Nos membros controles, observou-se nos achados de 45 dias de pós-operatório a presença de reação granulomatosa envolvendo os fios de sutura. Estes achados contrastam com as informações de SAMY et al. (1984), que reportaram que o fio de ácido poliglicólico nº 0 por eles utilizado na sutura de tendões equinos desapareceu em já torno de 4 semanas de pós-operatório. Entretanto, (NIXON et al. 1984) cita que o fio de sutura de ácido poliglicólico demora em torno de 56 dias para ser eliminado pelo tecido animal. A observação de uma reação granulomatosa presente ainda aos 45 dias de pós-operatório no membro controle é importante porque boa parte da reação granulomatosa encontrada no tecido tendinoso do membro que sofreu o implante poderia ser em parte devida aos resquícios dos fios de sutura ainda presentes na ferida cirúrgica, uma vez que pouco diferiam em grau as reações granulomatosas encontradas nos membros controles e nos membros que sofreram o implante de fibra de carbono.

FORSTER (1978), descreveu a reação tecidual induzida pela fibra de carbono implantada em tendões e ligamentos extra-articulares, onde o autor dividiu a reação tecidual em "Tecidos A, B e C". Nossos achados foram bastante similares, pois os achados de 45 dias de pós-operatório equivalem ao "tecido A" descrito pelo autor, onde dentro do implante, as

fibras individuais de carbono eram vistas bastante próximas, como no implante original. Ao redor da sua superfície, entretanto, o tecido tendinoso penetrava de fora para dentro por entre as fibras de carbono. Estas fibras eram cobertas em toda sua extensão por uma fina camada de macrófagos e células gigantes de corpo estranho, as quais, muitas vezes, eram vistas em arranjo epitelióide. Fibroblastos jovens estavam presentes em pequeno número. A fragmentação das fibras de carbono individuais, a qual inicia após 2 a 4 semanas, estava indicada por pequenos fragmentos de carbono na região extracelular próxima ao implante. Todavia, FORSTER (1978) não se pronuncia com relação à presença de neutrófilos e eosinófilos. Em nosso trabalho as fibras de carbono apresentavam-se cobertas em sua extensão por uma camada de macrófagos e células gigantes de corpo-estranho. Quanto à fragmentação das fibras de carbono, o autor cita que esta se inicia às 2-4 semanas. No presente experimento, aos 45 dias de pós-operatório, as fibras pareceram muito pouco fragmentadas, e percebia-se uma penetração moderada de tecido granulomatoso por todo o implante, mas em maior grau nas bordas deste. A maioria dos fragmentos encontrados extracelularmente dispersos próximos ao implante são devidos ao artefato de técnica criado pelo micrótomo durante o processamento das amostras.

Os achados dos 90 dias de pós-operatório coincidiram com exatidão com o "Tecido B" descrito por FORSTER (1978), no qual as fibras de carbono individuais ainda estavam cobertas pelas células que caracterizaram o tecido "A", e estavam agora separadas por tecido de granulação jovem. Este tecido continha numerosos capilares, macrófagos, células mononucleares, algumas células gigantes de corpo estranho e feixes de tecido fibroblástico jovem, o qual produzia material colágeno na periferia do implante. Pequenas partículas livres de carbono eram neste tecido, menos óbvias, podendo ser encontradas com maior frequência dentro dos macrófagos e células gigantes de corpo estranho. Não havia presença de neutrófilos ou necrose tecidual.

Os achados de 180 dias de pós-operatório, diferiram em parte do "Tecido C" com relação à fragmentação e absorção das partículas e fragmentos de carbono. FORSTER (1978) descreveu que as fibras de carbono individuais se encontravam a uma distância considerável

umas das outras, estando separadas por uma grande quantidade de tecido fibroso colágeno jovem e maduro. Após um período de tempo, a quantidade total de tecido fibroso aumentava gradualmente, excedendo em volume o implante original de fibra de carbono em 8 a 15 vezes. A estrutura interna também apresentava-se modificada, de um tecido fibroso pouco organizado para grupos bem formados de faixas colágenas que correm paralelas ao eixo longo do neotendão, o que produzia uma arquitetura geral muito similar em estrutura ao tendão maduro. O autor ainda descreve uma contínua fragmentação dos filamentos e sua absorção por macrófagos. No presente trabalho, aos 180 dias de pós-operatório, a prótese apresentou-se com praticamente a mesma quantidade de fibras quando da data do implante e notou-se que realmente ocorreu infiltração de tecido colágeno por entre as fibras, separando-as, não havendo uma separação muito maior entre as fibras de carbono como a observada aos 90 dias. NIXON (1984), também reportou esta pouca tendência à separação das fibras de carbono. FORSTER (1978) citou que a quantidade total de tecido fibroso aumenta gradualmente, excedendo o volume original da fibra de carbono em 8-15 vezes em menos de 6 meses. Esta opinião é compartilhada por JENKINS (1977, 1978, 1985), que cita algo em torno de 10-20 vezes aos seis meses após a implantação. Em nosso caso, aos 180 dias de pós-operatório, o volume total de tecido fibroso encontrado nos tendões que receberam o implante não excedeu 10 vezes o volume original da fibra de carbono em nenhum dos três animais, nos quais foram percebidos volumes de deposição de tecido colágeno bastante parecidos. LEMAIRE (1985), citou que não há controle na deposição do colágeno induzida pela fibra de carbono. Sob as mesmas condições, em pacientes diferentes, o autor cita a indução de deposição colágena variando de 2 a 5 vezes. Este fato explica em parte a observação clínica de que o membro cujo tendão recebeu o implante de fibra de carbono sempre apresentava-se mais engrossado do que o membro controle. Essa observação clínica é compartilhada por JENKINS et al. (1977, 1978); LITTLEWOOD (1979); VAN DEN BERG (1987); VAUGHAN (1985); BRENDING (1986); GRETI et al. (1982); GOODSHIP et al. (1980) e HUTCHINS (1981). Com relação a este fato, a explicação lógica para os casos de 90 e 180 dias de pós-operatório seria a indução da deposição de colágeno pela fibra de carbono, que aumentaria o volume do tendão

operado, todavia, o mesmo ocorreu nos animais necropsiados aos 45 dias, quando ainda não havia passado tempo suficiente para a deposição de uma quantidade perceptível macroscopicamente de colágeno, suficiente para engrossar o tendão. A explicação de uma maior indução de resposta inflamatória e conseqüentemente da presença de edemaciamento, causados pela presença da fibra de carbono não encontrou apoio, uma vez que a reação inflamatória observada nos exames histológicos pouco se diferenciava entre os membros que sofreram o implante e nos membros controles, e ainda o volume do próprio implante de fibra de carbono com 36.000 fios é ínfimo com relação ao volume do tendão flexor digital superficial. O único autor que relatou não haver nenhuma diferença entre o volume do tendão implantado com carbono e o tendão controle foi NIXON (1984). Ainda com relação à deposição de colágeno induzida pela fibra, LEMAIRE (1985) cita que a deposição de colágeno é rápida nos primeiros 4 a 5 meses, diminuindo o ritmo após este tempo. No caso do presente trabalho, realmente a deposição mais acentuada de tecido colágeno foi a observada nos animais necropsiados 180 dias após a operação. A menor deposição colágena foi observada aos 45 dias de pós-operatório, sem uma diferença muito grande em relação aos animais de 90 dias. Se quarto grupo de animais tivesse sido sacrificado aos 360 dias, poder-se-ia ter um panorama melhor ainda da deposição de colágeno a longo prazo. MENDES et al. (1985) cita que a deposição de colágeno e fibroblastos é concêntrica e contínua, podendo comprometer a função do implante à longo prazo por um engrossamento excessivo do tendão reparado ou substituído. No presente trabalho, após 180 dias de pós-operatório, o que não se pode chamar de longo prazo, a deposição colágena foi bastante aceitável, mas não excessiva e nestes casos, histologicamente, percebeu-se a formação de uma espécie de cápsula fibrosa envolvendo o colágeno mais próximo ao implante e todo o implante de carbono, dando uma impressão de pouca atividade por parte das células que envolviam as fibras de carbono.

JENKINS et al. (1977) perceberam uma leve reação granulomatosa ao redor de pequenos grupos e filamentos individuais de fibras de carbono implantados em ovelhas. FORSTER et al. (1978) consideraram a reação aos implantes de carbono em coelhos clinicamente aceitável. VALDEZ, (1980) reportou que a reação na área implantada com fibra

de carbono em equinos foi tipicamente a resposta classificada por ele como " fibrose de corpo estranho inerte". Esta reação também foi descrita por FORSTER et al. (1978) e se caracteriza pela presença de macrófagos e células gigantes de corpo estranho , sem necrose tecidual.

MENDES et al. (1985) relataram que a fibra de carbono quando utilizada na substituição de tendões e ligamentos, produziu uma nova estrutura cuja morfologia pouco lembrava o tendão original. No caso deste experimento, os achados caracterizados por indução de um tecido com estrutura similar ao tendão, sem presença de tecido necrótico, divergem do que foi relatado por MENDES et al. (1985). O padrão básico da estrutura descrita por estes autores era uma fibra de carbono envolvida por camadas concêntricas de fibroblastos e fibras colágenas que são depositadas indefinidamente. Este grupo de pesquisadores ainda foi o único a observar a presença de focos necróticos no tecido neo-formado. No presente trabalho não foi observado este tipo de padrão de deposição tecidual por parte do tecido tendinoso em nenhum dos animais. Em nosso caso, o implante comportou-se de maneira extremamente desejável, suscitando pouca reação inflamatória. A reação observada foi a do tipo descrito como " Fibrose de corpo estranho inerte" por FORSTER et al. (1978), principalmente nas observações de 45 dias de pós-operatório.. A fibra de carbono estimulou o crescimento de tecido fibroso ao redor da área implantada, agindo como "prótese de indução", que segundo DANHAN et al. (1982) são as próteses essencialmente baseadas de fibras de carbono com ou sem revestimento biodegradável, que induzem a deposição de colágeno pelos fibroblastos. GOODSHIP (1980) publicou que a fibra provê um leito físico para o crescimento celular e encoraja o tecido cicatricial a crescer em orientação organizada, similar ao tendão normal, que foi o caso observado no presente experimento.

CLAES (1985) relata que encontrou células gigantes de corpo estranho em casos com mais de 1 ano de pós-operatório. Estas células também foram assinaladas em diferentes fases do pós-operatório por WOLTER (1983) , JENKINS (1977, 1978, 1983), GRETI et al. (1982), DENNY et al. (1980), FORSTER (1978), ARAGONA et al. (1980), BURRI et al., (1983).

ALEXANDER et al. (1978, 1983) não encontraram células gigantes de corpo estranho em suas pesquisas. No presente trabalho, foram observadas poucas células gigantes de corpo estranho nos cortes de tendões do animal número 2, e nenhuma nos cortes dos animais 3 e 4 (todos animais necropsiados aos 180 dias de pós-operatório). Nos demais animais, (45 e 90 dias de pós-operatório) a observação da presença de células gigantes de corpo estranho foi constante.

Ao contrário de VALDEZ (1980), que encontrou uma marcada infiltração eosinofílica no local do implante de fibras de carbono, e de NIXON et al. (1984), que encontraram uma quantidade média de eosinófilos em seus achados de 45 dias de pós-operatório, em nosso caso pouquíssimos eosinófilos puderam ser observados próximos ao local do implante nas fases iniciais (45 dias de pós-operatório); e nenhum foi encontrado nas fases mais tardias (90 e 180 dias de pós-operatório) nos cortes de tendões dos animais que tiveram cicatrização por primeira intenção da ferida cirúrgica. O único animal do experimento que apresentou uma quantidade notável de eosinófilos ao redor da área implantada foi o animal número 6, que teve a cicatrização de sua ferida cirúrgica por segunda intenção. Como as feridas deste animal foram tratadas com diferentes substâncias, (Água Oxigenada, Mercúrio Cromo e pomada a base de nitrofurazona), a reação apresentada pelo animal pode ter sido causada por uma destas substâncias ou pelo conjunto delas. (CHAPVIL et al., 1979). Os achados negativos para a presença de eosinófilos estão em concordância com os de MURRAY et al., 1983 e GOODSHIP et al., 1980 que também não observaram eosinófilos nos locais do implante de fibras de carbono. A razão para este fato foi o uso da fibra do tipo HMS cuja pureza não deve suscitar resposta deste tipo. Os autores que perceberam a presença de eosinófilos, utilizaram fibra de carbono do tipo AS em seus experimentos.

Poucos neutrófilos foram observados nos cortes de tendão dos animais sacrificados aos 45 dias de pós-operatório. Também não foi percebida a presença de neutrófilos nos membros que sofreram o implante dos animais que tiveram a cicatrização da ferida cirúrgica por primeira intenção, a partir do grupo dos 90 dias de pós-operatório. O animal número 6 apresentou um marcado aumento no número de neutrófilos ao redor do implante e no tecido de granulação

exuberante produzido no local da intervenção cirúrgica. Este tipo de reação também foi observada no membro controle do animal número 5, mas em grau menor, pois a área lesada era pequena. Apenas os autores que trataram casos clínicos de laceração tendinosa com próteses de fibra de carbono descreveram a presença de reação neutrofílica local acentuada. (NIXON et al. 1984; VALDEZ et al. e BROWN et al. 1983). Este tipo de resposta marca claramente o papel que a infecção secundária pode ter sobre a ferida cirúrgica.

A manutenção de um esquema de observação dioturna dos animais evitaria problemas como os apresentados pelos animais 5 e 6, que retiraram os pensos e com a boca produziram lesões nas áreas operadas. O uso constante do colar de pescoço deve ser preconizado até a perfeita cicatrização da ferida cirúrgica.

Quanto à degradação mecânica da fibra de carbono, temos que discordar de ALEXANDER et al. (1983) que cita que a utilidade da fibra de carbono é limitada pela sua degradação mecânica prematura, pois aos 180 dias os implantes de fibra de carbono foram retirados praticamente intactos do tecido tendinoso dos animais implantados. É verdade que o padrão da trança havia se desfeito, mas a quantidade de fibras de carbono pouco variou em relação a que formava a prótese quando do implante. Também foi observada uma fragmentação mínima das fibras de carbono. Este achado coincide com os de MENDES (1985), que também não observou absorção das fibras de carbono implantadas após 1 ano de pós-operatório.

A experiência com o animal No 10 foi feita para observação de possíveis diferenças nas fases iniciais da cicatrização tendinosa que pudessem ter sua causa no colágeno da gelatina empregada como revestimento para facilitar a confecção da trança de fibras de carbono manualmente. BERTONE et al. (1990) comprovaram que os eqüinos são muito mais reativos à substâncias estranhas que outros animais. É sabido também que o colágeno da gelatina comercial é proveniente em grande parte de tendões e outros tecidos obtidos de bovinos, ou seja uma proteína estranha à espécie eqüina. Apesar da revestimento de gelatina estar presente nos animais 1 a 9; não foi percebida diferença na reação histológica causada pela fibra de carbono nos animais 7 , 8 e 9 (necropsiados aos 45 dias de pós-operatório) com relação ao

animal 10 , que sofreu biopsia de tendão aos 45 dias após o implante de uma mecha de fibras de carbono esterilizada e sem qualquer tipo de revestimento. Observou-se que os eqüinos não apresentaram uma reação tecidual significativamente aumentada tendo em vista o fato de a trança de fibras de carbono estar coberta com material proteico exógeno. Tal fato pode ter ocorrido em função de um pequeno atraso no alinhamento dos fibroblastos e no subsequente início da deposição de colágeno tendo em vista o tempo necessário para a absorção da gelatina pelas células inflamatórias (4 a 7 dias , segundo CLAES et al. 1983). Este atraso não pôde ser percebido porque os primeiros achados histológicos foram obtidos apenas aos 45 dias, tempo que é longo demais. Para a observação da existência deste atraso ou não, o ideal seria um grupo de animais com 15 dias de pós-operatório, mas no tempo total do experimento, este atraso mesmo que exista, não modificou em nada os resultados intermediários e finais.

O tendão do eqüino normal é composto quase que exclusivamente de colágeno do tipo I. Entretanto, tendões que apresentaram quadros de tendinite, contém de 20 a 30% de colágeno do tipo III em adição ao colágeno do tipo I (WILLIAMS et al., 1980). Em tendões calcâneos de ratos quando substituídos por próteses de fibras de carbono, o reparo fibroso apresentou colágeno do tipo I e tipo III. A proporção de colágeno do tipo III foi máxima (20% do colágeno total) às 2-3 semanas, e depois decresceu gradualmente (COOMBS et al. 1981).

No trabalho presente, os tipos de colágeno não foram determinados, mas através da coloração de Mallory foi notada a deposição de feixes de fibras colágenas jovens (do tipo III em sua maioria) ao redor das fibras de carbono. A maior quantidade desta deposição foi observada nos animais do grupo dos 90 dias, e a menor no grupo de 180 dias, o que coincide com os achados de WATKINS (1985) que, em seu estudo da cicatrização dos defeitos cirurgicamente criados no tendão flexor digital superficial de eqüinos, registrou a deposição máxima de colágeno do tipo III aos 60 dias, e aumento do colágeno do tipo I em relação ao do tipo III, aos 6 meses após o implante.

Com relação ao potencial de migração linfática da fibra de carbono, subentendido em sua capacidade de migrar para tecidos que não os em que a fibra de carbono foi implantada, no caso deste trabalho não foram encontrados fragmentos de fibra de carbono intra ou

extracelulares nos linfonodos axilares dos membros que sofreram o implante nem nos dos membros controles. Tampouco foram observados fragmentos de fibra de carbono nas vísceras pesquisadas: baço e fígado. NEUGEBAUER et al. (1981) e WOLTER (1983) descreveram a presença de fragmentos de fibra de carbono em órgãos parenquimatosos, em localização longínqua do local do implante. Ambos os pesquisadores trabalharam com ratos. No equino, a probabilidade de se encontrar fragmentos de fibra de carbono em órgãos tão grandes quanto o baço e o fígado é pequena; contudo fragmentos de diferentes localizações de cada órgão foram retirados e corados na tentativa de se encontrar as fibras de carbono caso elas estivessem presentes.

Com relação aos linfonodos, o presente trabalho coincide com os achados dos seguintes grupos de pesquisadores: JENKINS em seu trabalho de 1978, NIXON (1984), DENNY et al. (1980), MURRAY et al. (1983) e NEUGEBAUER et al. (1983). Estes pesquisadores também não encontraram fragmentos de fibra de carbono nos linfonodos pesquisados. Por outro lado, pesquisadores como o próprio JENKINS em seus três outros trabalhos (1977, 1983, 1985), BEJUI et al. (1982), WOLTER 1977 e 1983, ALEXANDER et al. (1983) e (RICHTER, 1991) citaram ter encontrado fragmentos de fibra de carbono nos linfonodos pesquisados.

O fato de fragmentos de fibra de carbono serem encontrados ou não nos linfonodos provavelmente deve-se à maneira como a prótese foi usada, pois fibras de carbono nos linfonodos foram encontradas apenas em trabalhos que utilizavam a fibra de carbono como substituição parcial, total ou sutura de um tendão ou ligamento. Nestes casos, as fibras ficavam livres, sem revestimento tecidual por um espaço de tempo razoável, até serem recobertas por fibroblastos e colágeno neo-formado. Assim, durante este espaço de tempo em que as fibras ficam praticamente nuas, ocorre a fricção da fibra contra outros tecidos, alguma fragmentação desta fibra de carbono e a deposição destes fragmentos em diferentes tecidos via corrente sanguínea, linfática ou englobamento por macrófagos e células gigantes de corpo estranho. Assim, podemos encontrar fibras de carbono soltas no parênquima de órgãos, como no caso de WOLTER et al. (1983) ou englobadas pelas células acima descritas, nos mais diferentes órgãos, como no caso de NEUGEBAUER et al. (1981). Nos trabalhos que

relataram a ausência da fibra de carbono nos linfonodos as próteses sempre se encontravam completamente sepultadas no tecido tendinoso. Nestes casos, as fibras de carbono sofrem um menor atrito , conseqüentemente uma menor fragmentação e os fragmentos ficam aprisionados dentro do tecido, diminuindo a probabilidade destes caírem no sistemas sanguíneo ou linfático e surgirem livres nos linfonodos ou outros órgãos.

6. CONCLUSÕES

1. O revestimento das fibras de carbono com gelatina facilitou o manuseio , não interferiu na deposição de colágeno pelos fibroblastos e tampouco produziu reação histológica que pudesse ser ainda perceptível aos 45 dias de pós-operatório.
2. A modificação da técnica cirúrgica de GOODSHIP (1980) , eliminando a segunda incisão no tendão flexor digital superficial , depositando a trança de fibras de carbono diretamente no leito criado pela primeira incisão facilitou o ato operatório e reduziu o tempo cirúrgico.
3. Clinicamente a prótese de fibra de carbono foi muito bem tolerada pelos animais, sendo o quadro de algesia observado nos animais progressivamente reduzido. Cosmeticamente aceitável, a cicatriz cirúrgica é pouco perceptível aos 180 dias de pós-operatório e os tendões que sofreram o implante de fibras de carbono ficaram ligeiramente mais engrossados que os tendões controles, tornando este procedimento cirúrgico perfeitamente factível à nível de clínica.
4. O carbono filamentoso é um material extremamente biocompatível , produzindo por parte do organismo no qual é implantado, uma reação de "corpo estranho inerte", caracterizada pela presença de macrófagos, células gigantes de corpo estranho e ausência de necrose.
5. Os fibroblastos aderem às fibras de carbono e envolvem-nas, formando um tubo de células orientadas paralelamente às fibras de carbono, conseqüentemente, orientando a deposição de colágeno que se faz paralela ao tendão, reduzindo em tempo o estágio fibroblástico da cicatrização tendinosa.

6. O carbono filamentosos induz a formação de estrutura tendinosa clínica e histologicamente similar ao tendão normal.
7. As fibras de carbono não se fragmentaram ou foram absorvidas pelo tecido tendinoso, sendo a quantidade de fibras encontrada nos animais necropsiados aos 180 dias de pós-operatório similar à da data do implante.
8. Não foram observados fragmentos de fibras de carbono em nenhum outro órgão além dos tendões. Isto deve-se principalmente ao fato de as fibras estarem completamente imersas no tecido tendinoso, dificultando a migração de fragmentos para outras áreas.
9. Deveria ser realizado um trabalho similar, para estudar a resposta dos implantes de fibra de carbono em animais que sejam submetidos aos esforços de corrida e salto para melhor avaliação do comportamento clínico dos animais operados, e com um grupo final com um período mais longo de pós-operatório, como 360 ou 540 dias.
10. Outro trabalho poderia ser realizado, no qual fosse estudado o tipo de colágeno depositado ao redor dos filamentos de fibras de carbono, através de pesquisa histoquímica.

7. RESUMO

Filamentos trançados de fibra de carbono - com 36.000 fibras em média - revestidos com gelatina comercial e posteriormente esterilizados foram implantadas nos tendões flexores digitais superficiais dos membros anteriores de 9 equinos experimentais adultos. Os membros contralaterais sofreram a mesma operação, mas sem a implantação da fibra de carbono, tornando-se controles. Em um décimo animal foi implantada uma mecha de fibra de carbono sem nenhum tipo de cobertura.

Avaliações clínicas foram feitas diariamente e os cavalos foram necropsiados aos 45, 90 e aos 180 dias após a operação.

Durante a necropsia, os dois tendões operados, os linfonodos axilares e fragmentos de fígado e baço foram retirados e fixados em formalina a 10% para posterior avaliação histopatológica. Os tendões foram pesquisados para observação das reações histológicas causadas pelo implante de fibra de carbono. Os outros órgãos foram pesquisados com relação à presença de fragmentos de fibra de carbono que possam ter atingido estas áreas por via linfática ou sanguínea.

Apesar de apresentarem um quadro doloroso nos três primeiros dias de pós-operatório, todos os animais retornaram à movimentação normal 18-30 dias após a intervenção cirúrgica. Os implantes de fibra de carbono produziram macroscopicamente e histologicamente um tendão forte e funcional, e ainda um resultado cosmeticamente aceitável. Histologicamente, percebeu-se nos tendões que sofreram o implante de fibra de carbono, a organização dos fibroblastos e as fibras colágenas alinhadas longitudinalmente e entre si, já nos estágios iniciais da cicatrização. Nos outros órgãos pesquisados, não foram encontrados fragmentos de fibra de carbono soltos no parênquima e nem dentro de macrófagos. Não foram notadas diferenças significativas nas reações histológicas entre os animais que sofreram o implante com fibra de carbono revestida e o animal que sofreu o implante de fibras de carbono sem revestimento.

8. ABSTRACT

Carbon fiber prostheses were implanted in the superficial flexor tendons in the front legs of 9 sound mature horses. The implants were made of approximately 36.000 filaments, which were braided, immersed in commercial gelatin and sterilized prior to implantation. The contralateral tendons, submitted to the same surgical procedure, but without the implantation of the prosthesis, were used as controls. A tenth horse received an implantation of unbraided gelatin-free prosthesis.

Clinical evaluations were performed daily and the horses were necropsied on the 45th, 90th and 180th post surgical day. During the necropsy both operated tendons, the axillary lymphnodes, and fragments of liver and spleen were collected in neutral buffered formalin for histopathological examinations. The tendons were evaluated for histological changes induced by the carbon fibers. The other organs were searched for eventual carbon fiber fragments that might have reached those areas through blood or lymphatic drainage.

All horses showed moderate to severe pain on the first three days, which improved progressively and disappeared after 18 to 30 days. The implants appeared grossly to produce a cosmetically acceptable and functional tendon. Histologically, the fibroblasts and collagen fibers were well organized and aligned themselves longitudinally along the implants. These observations were found even in the early stages of healing. Free fragments of carbon fiber were not found neither in the parenchyma or inside macrophages in sections of lymphnodes, spleen or liver. No significative difference was noticed between the histological responses of the gelatin-free prosthesis implanted animal and the others.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS, D . O. (1976) The granulomatous inflammatory response: a review. Am. J. Path. 84:164-1
2. ADAMS, O.R. (1987) Disorders of joints, tendons, ligaments and related structures. *In* (ADAMS, O.R.), Lameness in Horses. 4rd Ed. Philadelphia, Lea & Febinger, pp.438-480.
3. ABRAHMS, M. (1989) Mechanical behaviour of tendon *in vitro*. *In* (JONES, W.E. editor), Equine Sports Medicine. Philadelphia, Lea & Febinger, pp.145.
4. ALEXANDER, H; STRAUCHLER, I.D; WEISS, A.B; MAYOTT. C.W; PARSONS, I.R. (1978) Carbon-polymer composites for tendon and ligament replacement. *in* Transactions. 4th Annu. Meet, Soc. Biomater; p.123.
5. ALEXANDER, H; WEISS, A.B; PARSONS, J.R. (1983) Absorbable polymer-filamentous carbon composites - a new class of tissue scaffolding materials. *In* (BURRI, C; CLAES, L. editores) Alloplastic Ligament Replacement. Bern-Stuttgart-Vienna. Han Huber, pp.78-91.
6. ALLEN,K.A., STONE, L.R. (1990) Equine diagnostic ultrasonography: Equipment selection and use. Compend. Contin. Educ. Pract. Vet. 12:1307-1311.
7. AMIS, A.A; CAMPBELL, J.R; MILLER, J.H. (1985) Strenghth of carbon and polyester fibre tendon replacements. J. Bone Joint Surg. 67-B(5):829-834.
8. ARAGONA, J; PARSONS, J.R; ALEXANDER, H; WEISS, A. B. (1981) Soft tissue attachment of a filamentous carbon-absorbable polymer tendon and ligament replacement. Clin. Orthop. 160:268-278.
9. ASHEIM, A. (1964) Surgical treatment of tendon injuries *in* the horse. J. Am. Vet Med Assoc. 145:447-451.
10. ASHEIM, A; KNUDSEN, O. (1967) Percutaneous tendon splitting. Proceedings of the American Association of Equine Practicioners, 13:255-262.

11. AUER, J.A; BURCH, G.E; HALL, P. (1983) Review of pulsing eletromagnetic field therapy and its possible application to horses. Equine Vet. J. 15:354-360.
12. BANKS, W.J. (1981) Applied Veterinary Histology. Baltimore, Williams & Wilkins, pp.167-179.
13. BEJUI, J; TABUTIN, J; PEROT, F; DEJOUR, H; PATRICOT, L.M; VIGNON, E; ARLOT, E. (1982) Prothèse ligamentaire en fibres de carbone - Étude expérimentale en situation intra-articulaire chez e chien. Rev. Chir. Orthop. 68:97-102.
14. BENSON, J.: Elemental carbon as biomaterial. J. Biomed. Mat. Res. 5(2):41-47 .
15. BERTONE A.L; STASHAK, T.S; SMITH, F.W; NORRDIN, R.W. (1990) A comparison of repair methods for gap healing in equine flexor tendons. Vet. Surg. 19:254-265.
16. BILLER, D.S; MYER W. (1988) Ultrasound scanning of superficial structures using an ultrasound standoff pad. Vet. Rad. 29:138-142.
17. BLUMBERG, M; MILLER, G.J; CALDEROOD-MAYS, M. (1985) A comparison of uncoated and polymer coated carbon fiber implants for repair of the canine patellar ligament. Proc. Ortho. Res. Soc. 31: 83.
18. BRENDING, K. (1986) Treatment of a strained tendon in a thoroughbred racehorse with carbon fibre filaments. Irish Vet. J. 40:139-140.
19. BROWN, M.P; POOL, R.R. (1983) Experimental and clinical investigations of the use of carbon fiber sutures in equine tendon repair. J. Am. Vet. Med. Assoc. 182:956-966.
20. BUTLER, H.C. (1974) Surgery of tendinous injuries and muscle injuries. *In* (ARCHIBALD, J.A. Editor) Canine Surgery, Santa Barbara, American Veterinary Publication, pp.835-841.
21. BUNNEL, S. (1944) Primary repair of severed tendons. *In* (TURNER, A.S; McILWRAITH, C.W.) Techniques in Large Animal Surgery. Philadelphia, Lea & Febinger, pp.100.

22. BURRI, C; HENKENMEYER, H; NEUGEBAUER, R. (1983) Techniques and results of alloplastic carbon fibre ligament substitution. *In* (BURRI, C; CLAES, L. editores) *Alloplastic Ligament Replacement*. Bern-Stuttgart-Vienna. Han Huber, pp.135-141.
23. CANNON, J.H. (1981) Results of tendon splitting in Thoroughbred racehorses. J. Equine Vet. Sci. 1:77-79.
24. CARNEIRO, J; LEBLOND, C. P. (1976) Suitability of collagenase treatment for the radioautographic identification of newly formed collagen labeled with 3H-glycine or 3H-proline. *In* : (JUNQUEIRA , L. C. U; CARNEIRO, J. editores) *Histologia Básica*, 6a. Ed. Rio de Janeiro. Interamericana, pp. 93-101.
25. CHAPVIL, M. (1967) Physiology of Connetive Tissue. *In*: (JUNQUEIRA, L. C. U; CARNEIRO, J. editores) *Histologia Básica*, 6a. Ed., Rio de Janeiro, Interamericana, pp 103.
26. CHAPVIL, M; PFISTER, T; ESCALADA, S. (1979) Dynamics of the healing of skin wounds in the horse as compared with the rat. Exp. Mol Pathol 30:349-359.
27. CHARLNEY, J. (1978) Acrylic Cement in Orthopaedic Surgery. *In* (FORSTER, I.W; RALIS, Z.A; McKIBBIN, B; JENKINS, D.H.R; Editores) *Biological reaction to carbon fiber implants*. Clin. Orth. 131:299-307.
28. CHRISTL, P; BUTAZZONI, B; LERAY, J.L; MORIN, C. (1980) Tissue tolerance of carbon materials. Trans. First World Biomat. Cong.
29. CLAES, L; BURRI, C; NEUGEBAUER, R; PIEHLER, W; MOHR, W. (1983) Animal experiments for comparison of various alloplastic materials in ligament replacements. *In* (BURRI, C; CLAES, L. Editores) *Alloplastic Ligament Replacement*. Bern-Stuttgart-Vienna. Han Huber, pp.101-107.
30. CLAES, L; WOLTER, D; GISTINGER, G; ROSE, P; HÜTTNER, W; FITZER, E. (1978) Physical and biological aspects of carbon fibres in ligament prosthesis. 3rd Conf. on Mec. Prop. of Biomat. Keele University.

31. CLAES, L; NEUGEBAUER, R. (1983) Mechanical properties of ligament replacement with carbon fibres. *In* (BURRI, C; CLAES, L.) Alloplastic Ligament Replacement. Bern-Stuttgart-Vienna. Han Huber, pp.58-63.
32. CLAES, L; NEUGEBAUER, R. (1985) *In vivo* and *in vitro* investigation of the long-term behavior and fatigue strength of carbon fiber ligament replacement. Clin. Orthop. 196:99-111.
33. COLAHAN, P; BROWN, M.P. (1981) Pathophysiology of tendonitis. A.C.V.S. Forum, pp. 26-28.
34. COOMBS, R; CRAIG-GRAY, J; SAYERS, D. (1981) Collagen Typing in carbon-fibre induced tendon. J. Bone Joint Surg. 63:269.
35. COTRAN, V.K.; ROBBINS, S.L. (1989) Robbins Pathologic Basis of Disease. 4 th Ed. Philadelphia, W.B. Saunders Company, pp. 89-92.
36. DANHAN, P; BENAZET, J.P; REY, P; LEANDRI, J. (1982) Carbon fiber ligament prosthesis: present problems and future prospects. Inter. J. Artif. Org. 5(3):195-198.
37. DENNY, H.R; GOODSHIP, A.E. (1980) Replacement of the anterior cruciate ligament with carbon fibre in the dog. J. Small Anim. Pract. 21:279-286.
38. DIRK, K.J; MERKENS, H.W. (1991) Unilateral distension of the tarsal sheath in the horse: A report of 11 cases. *In* (STECKEL, R.R. Editor) Vet. Clin. North Am. - Equine Practice. 7(2):247.
39. ELLIOT, D.H. (1973) The structure and function of mammalian tendon. *In* (WEBBON, P.M. Editor) Equine tendon stress injuries. Equine Vet. J. 5(2): 58-64.
40. EVANS, L.H; BARNEBEL, J.C (1975) Structural and mechanical properties of tendon related to function. Equine Vet. J. 1:1-7.
41. EVANS, L.H; WRIGHT, W.H. (1979) Mysteries of leg paints, liniments and blisters. Proceedings Am. Assoc. Equine Pract. pp.487-490.

42. FACKELMAN, G. E. (1973) The nature of Tendon Damage and its Repair. Equine Vet. J. 5(4):141-149
43. FARRY, P.J. (1980) Ice treatment of injured ligaments: an experimental model. New Zealand Med. J. 651:12.
44. FORSTER, I.W; RALIS, Z.A; McKIBBIN, B; JENKINS, D.H.R. (1978) Biological reaction to carbon fiber implants: The formation and structure of a carbon-induced "neotendon". Clin. Ortho. 131:299-307.
45. GAY, S; MILLER, E.J. (1968) Collagen in the Physiology and Pathology of Connective Tissue. Philadelphia, Gustav Fisher ed. pp.34.
46. GENOVESE, R.L; RANTANEN, N.W; HAUSER, M.L; SIMPSON, B.S. (1986) Diagnostic ultrasonography of equine limbs. Vet. Clin. North Am. [Large Anim. Pract.] 2:145-226.
47. GENOVESE, R.L; SIMPSON B.S. (1989) Tendon and Ligament Injuries. *In* (JONES, W. Editor) Equine Sport Medicine. Philadelphia, Lea & Febinger, pp. 251-254.
48. GETTY, R. (1981) Músculos do equino. *In* (GETTY, R. Editor) Anatomia dos Animais Domésticos . 5a Ed. Rio de Janeiro, Interamericana, pp.350-423.
49. GOODSHIP, A.E; BROWN, P.N; YEATS, J.J; JENKINS, D.H.R. (1980) An assessment of filamentous carbon fibre or the treatment of tendon injury in the horse. Vet. Rec. 106:217-221.
50. GRETI, A; COLOMBELLI, F; CORNALL, M. (1982) La fibre di carbonio nella terapia delle teniti del cavallo. Riv. Zootec. Vet. 10(6):401-409, 1982.
51. HAGO, B. E. D; VAUGHAN, L.C. (1986) Radiographic anatomy of tendon sheaths and *bursae* in the horse. Equine Vet. J. 18:102.
52. HAGO, B.E.D; VAUGHAN, L.C. (1986) Use of contrast radiography in the investigation of tenosynovitis and bursitis in the horse. Equine Vet. J. 18:375.

53. HALL, L.W; CLARKE, K.W. (1987) Anestesia do cavalo. *In* (HALL, L.W; CLARKE, K.W. Editores) Anestesia Veterinária. 8a Ed. São Paulo, Manole, pp.220-266.
54. HARRIS, J.M. (1979) Correction of contracted flexor tendons by tenotomy, tendon splitting, and heterologous tendon transplants: a case report. J. Equine Med. Surg. 3(2):57-59.
55. JACKSON, S.F. (1970) The morphogenesis of collagen. *In* (JUNQUEIRA L. C. U; CARNEIRO J. editores) Histologia Básica. 6a Ed. Rio de Janeiro, Inter-americana, pp. 104-108.
56. JENKINS, D.H.R; FORSTER, I.W; McKIBBIN, B; RALIS, Z.A. (1977) Induction of tendon and ligament formation by carbon implants. J. Bone Joint Surg. 59-B(1):53-57.
57. JENKINS, D.H.R. (1978) The repair of cruciate ligaments with flexible carbon fibre. J. Bone Joint Surg. 60-B(4):520-522.
58. JENKINS, D.H.R. (1983) Clinical applications of carbon fibre and results. *In* (BURRI, C; CLAES, L. Editores) Alloplastic Ligament Replacement. Bern-Stuttgart-Vienna. Hans Huber pp.121.
59. JENKINS, D.H.R. (1985) Ligament induction by filamentous carbon fiber. Clin. Orthop. North Am. 196:86-87.
60. KLEINMAN, M; GROSS, A.E. (1983) Achilles tendon rupture following steroid injection. J. Bone Joint Surg. 65:1345-1347.
61. KINZL, L; WOLTER, D; CLAES, L. (1979) Aspects of coated carbon fibres in the ligament prostheses. Proc. 5th Annu. Mtg. Soc. for Biomat:71.
62. KNUDSEN, O. (1976) Percutaneous tendon splitting method and results. Equine Vet. J. 8(3):101-103.
63. KRAUSE-HANSEN, A.E. (1988) Microvascular anatomy of equine superficial digital flexor tendon. Proc. 15th Annu. Conf. of Vet. Orthop. Soc:143-149.

64. LAING, P; FERGUSON, A.B; HODGE, E. (1978) Tissue reaction in rabbit muscle exposed to metallic implants. *In* (FORSTER, I.W; RALIS, Z.A; McKIBBIN, B; JENKINS, D.H.R.) Biological reaction to carbon fiber implants. Clin. Orthop. 131:299-307.
65. LANGLOIS, P. (1980) La fibre de carbone catalyseur de tissu collagène. Le Point Vét. 10(50):37-39.
66. LEMAIRE, M.(1984) The use of carbon fibres in surgery. Clin. Orthop. 191:74-75.
67. LEMAIRE, M. (1985) Reinforcement of tendons and ligaments with carbon fibers. Clin. Orthop. 196:169-174.
68. LIPSCOMB, P; WAKIN,J. (1961) Regeneration of severed tendons: an experimental study. Proc. Staff Meet. Mayo Clinic 36:271.
69. LITTLEWOOD, H.F. (1979) Treatment of sprained tendons in horses with carbon fibre implants. Vet. Rec. 105:223-224.
70. LUNDVALL, R.L. (1989) Injuries of lower leg. *In* (Jones, W.E. Editor) Sport Equine Medicine. Philadelphia, Lea & Febinger, pp.246
71. MANSKE, P.R. (1984) Intrinsic flexor tendon repair. J. Bone Joint Surg. 66(A):385.
72. MCGILLIVARY, G.R; STANISH, W.D. (1989) The effects of electrical stimulation in tendon healing. *In* (Jones, W.E. Editor) Equine Sports Medicine Philadelphia, Lea & Febinger, pp.245
73. MENDES, D. G; IUSIN, M; ANGEL, D; ROTEM, A; ROFFMAN, M; GRISHKAN, A; MORDOHOHOVICH, D; BOSS, J. (1985) Histologic pattern of bio-mechanic properties of the carbon fiber-augmented ligament tendon - a laboratory and clinical study. Clin. Orthop. 195:51-60.
74. MENDES, D. G; ANGEL, D; GRISHKAN, A; BOSS, J. (1985) Histological response to carbon fibre. J. Bone Joint Surg. 67-B(4):645-649.

75. MOBINI, S; WALKER, D. F; CRAWLEY, R. R. (1982) An experimental evaluation of the response of the bull penis to carbon fiber implants. *Cornell Vet*; 72:350-360.
76. MORCOS, M. B; ASWAD, A. (1978) Treatment of two clinical conditions in racehorses by ultrasonic therapy. *Equine Vet. J.* 10:128-129.
77. MÜLLER, H; SCHEBITZ, H. (1979) Heridas cubiertas de piel, Musculos y tendones. *In* (SCHEBITZ, H; BRASS, W. Editores) *Cirugía y Patología General Veterinaria*. Buenos Aires, Hemisferio Sur, pp.263-268.
78. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Carbon offers advantages as implant materials in human body - NASA (1969) . *In* (MOBINI, S; WALKER, D.F; CRAWLEY, R.R. Editores) An experimental evaluation of the response of the bull penis to carbon fiber implants. *Cornell Vet*; 72:350-360.
79. NEUGEBAUER, R; HELBING, G; WOLTER, D; MOHR, W; GISTINGER, G. (1981) The body reaction to carbon fibre particles implanted into the medullary space of rabbits. *Biomaterials* 2:182-184.
80. NEUGEBAUER, R; CLAES, L. (1983) The biological reaction of the tissues to carbon fibre ligament prosthesis in sheep-knees. *In* (BURRI, C; CLAES, L. Editores) *Alloplastic Ligament Replacement*. Bern-Stuttgart-Vienna. Han Huber. pp.96-101.
81. NILSSON, G. (1970) A survey of the results of the tendon splitting operation for chronic tendinitis in the horse. *Equine Vet. J.* 2:111-114.
82. NILSSON, G; BJORCK, G. (1969) Surgical treatment of chronic tendinitis in the horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 155:920-926.
83. NIXON A. J; STASHAK, T. S; SMITH, F. W; NORRDIN, R. W. (1984) Comparison of carbon fibre and nylon suture for repair of transected flexor tendons in the horse. *Equine Vet. J.* 16(2):93-102.

84. NIXON A.J. (1990) Superficial Flexor Tendinitis. *In* (WHITE, N.A; MOORE, J.N. Editores) Current Practice of Equine Surgery. Philadelphia, J. B. Lippincott Company, pp.426-428.
85. NIXON, A.J.(1990) Endoscopy of the digital flexor tendon sheath in horses. Vet. Surg. 19(4):266-271.
86. OTTAWAY, C.W; WORDEN, A.N. (1940) Bursae and tendons sheaths of the horse. Vet. Rec. 52:447.
87. PEACOCK, E.E. (1965) Physiology of tendon repair. Surg. Clin. North Am. 45:461-476.
88. PEACOCK, E.E. (1973) A study of the circulation in normal tendons and healing grafts. Equine Vet. J. 5(2):58-64.
89. PENNINGTON, D.G. (1979) The locking-loop tendon suture. Plastic Reconst. Surg. 63:648.
90. PIERAGGI, M.T; BOISSOU, H; ANGELIER, C; UHART, D; MAGNOL, J.P; KOKOLO, J. (1985) Le fibroblaste. Annuaire Pathol. 5(2):65-76.
91. POOL, R.R; WHEAT, J.D; FERRARO, G.L. (1980) Corticosteroid therapy in common joint and tendon injuries of the horse. Part II. Effects of tendons. Proceedings of the American Association of Equine Practitioners, pp. 407-410.
92. RANTANEN, N.W; HAUSER, M.L; GENOVESE, R.L. (1985) Superficial digital flexor tendinitis: Diagnosis using real-time ultrasound imaging. J. Equine Vet. Sci. 5:115-119.
93. REEF, V.B. (1990) Ultrasonic evaluation of tendons and ligaments. *In* (WHITE, N. A; MOORE, J. N. Editores) Current Practice of Equine Surgery. Philadelphia, J.B. Lippincott, pp.425-441.
94. REEF, V.B. (1990) Advances in Diagnostic Ultrasonography. Vet. Clin. North Am. [Equine Practice] 7(2):451-463.

95. RICHTER, R.K. (1991) Estudo da cicatrização do tendão calcâneo comum com implante de fibra de carbono no cão. Tese de Mestrado do Curso de Ciências Veterinárias da U.F.Pr.
96. RIEMERSMA, D.J; BRUYN, P. (1986) Variations in cross-sectional area and composition of equine tendons regard their mechanical function. Res. Vet. Sci. 41:7-13.
97. ROONEY, J.R; GENOVESE, R.L. (1981) A survey and analysis of bowed tendon in Thoroughbred race horses. Equine Vet. Sci. 1:49-53.
98. SEIFFERT, F. (1967) Biologische grundlagen der homologen transplantation konservierter bindegewebe. Hefte Unfallheilknd. 93:135-141
99. SELWAY, S.J. (1982) Diseases of the tendons. *In* (MANSMANN, R.A; McALLISTER, E.S. Editores) Equine Medicine and Surgery. 3rd Ed. Santa Barbara, American Veterinary Publications, pp.1071-1088.
100. SILVER, I.A. (1980) An assessment of filamentous carbon fibre for the treatment of tendon injury in the horse. Vet. Rec. 8:217-222.
101. SILVER, I.A; ROSSDALE, P.D. (1983) A clinical and experimental study of tendon injury, healing and treatment in the horse. Equine Vet. J. 1:1-43.
102. STASHAK, T.S. (1991) Management of wounds associated with tendons, paratendons, and tendon sheaths. *In* (STASHAK, T.S. Editor) Equine Wound Management. Philadelphia, Lea & Febinger, pp.238-257.
103. St CLAIR, L.E. (1981) Miologia Geral. *In* (Getty, R. Editor) Anatomia dos Animais Domésticos. 5a Ed. Rio de Janeiro, Interamericana, pp.39-46.
104. STEIN, L.E; PIJANOWSKI, G.J; JOHNSON A.L. (1988) A comparison of steady state and transient thermography techniques using a healing tendon model. Vet. Surg. 17:90.

105. STROMBERG, B. (1989) Morphologic thermographic and Xe^{133} clearance studies on normal and diseased superficial digital flexor tendons in race horses. *In* (JONES, W.E. Editor) *Equine Sports Medicine*. Philadelphia, Lea & Febinger, pp. 244.
106. STROMBERG, B; TUFVESSON, G; NILSSON, G. (1974) Effect of surgical splitting on vascular reactions in the superficial flexor tendon of the horse. J. Am. Vet. Med. Assoc. 164:57-60.
107. STROMBERG, B; TUFVESSON, G. (1977) An experimental study of autologous digital tendon transplants in the horse. *Equine Vet. J.* 9:231-237.
108. TURNER, T. A. (1990) Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Vet. Clin. North Am. [Equine Practice]* 7(2):311-337.
109. TAYTON, K; PHILIPS, G. RALIS, Z. (1982) Long-term effects of carbon fibre on soft tissues. *J. Bone Joint Surg.* 64-B(1):112-114.
110. VALDEZ, II; CLARK, R.G; HANSELKA, D.V. (1980) Repair of digital tendon lacerations in the horse, using carbon fiber implants. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 177(2):427-435.
111. VAN DER BERG, S.S; REED, K.P; MARINO, A. (1988) Use of carbon fibers for the repair of bowed tendons: A preliminary report. *Equine Vet. Sci.* 8(5): 400-401.
112. VAUGHAN, L.C. (1981) The use of carbon fibre implants for the repair of Achilles tendon rupture in dogs. *J. Small Anim. Pract.* 22:629-634.
113. VAUGHAN, L.C; EDWARDS, G.B; GERRING, E.L. (1985) Tendon injuries in horses treated with carbon fibre implants. *Equine Vet. J.* 17(1):45-50.
114. VIIDIK, A. (1985) Tensile strength properties of Achilles tendon systems in trained and untrained rabbits. *J. Bone Joint Surgerv.* 67-B(5):829-834.

115. WATKINS, P; AUER, J.A; GAY, S; MORGAN, S.J. (1985) Healing of surgically created defects in the equine superficial digital flexor tendon: Collagen-type transformation and tissue morphologic reorganization. Am. J. Vet. Res. 46(10):2091-2096.
116. WEBBON, P.M. (197) Equine tendon Stress Injuries. Equine Vet. J. 5(2):58-64.
117. WEBBON, P.M. (1977) A post mortem study of equine digital flexor tendons. Equine Vet. J. 9:61-67.
118. WHEAT J.D. (1989) New aspects on the pathology of tendon injury. *In* (Jones, W.E. Editores) Equine Sports Medicine. Philadelphia. Lea & Febinger. pp. 244-247.
119. WILLIAMS, I.F; HEATON A; McCULLAGH K.G. (1980) Cell morphologic and collagen types in equine tendon scar. Res. Vet. Sci. 28:302-310.
120. WOLTER, D; FITZER, E; HELBING, G; COLDEWAY, J. (1977) Ligament replacement in the knee joint with carbon with pyrolytic carbon. Transactions of the Third Annual Meeting of the Society of Biomaterials. pp.126.
121. WOLTER, D. (1983) Biocompatibility of carbon fibre and carbon fibre micro-particles. *In* (Burri, C; Claes, L. Editores) Allonplastic Ligament Replacement. Bern-Stuttgart-Vienna. Han Huber. pp.28-36.